

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin und Kriminalistik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Leiter: Prof.Dr.Dr. E. Weinig

Untersuchungen über die praktische Anwendbarkeit
von Altersbestimmungs-Methoden an menschlichen Knochen

Horst Lohmann
Fürth/Bay.

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin und Kriminalistik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Leiter: Prof.Dr.Dr. E. Weinig

Untersuchungen über die praktische Anwendbarkeit
von Altersbestimmungs-Methoden an menschlichen Knochen

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
an der
Friedrich-Alexander Universität zu Erlangen

vorgelegt von
Horst Lohmann
Fürth/Bay.

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg.



Dekan: Prof. Dr. G. H e g e m a n n
Referent: Priv.-Doz. Dr. G. S c h m i d t
Korreferent: Prof. Dr. Dr. E. W e i n i g

Tag der mündlichen Prüfung: 19.4.1962

Untersuchungen über die praktische Anwendbarkeit
von Altersbestimmungsmethoden an menschlichen Knochen

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung: Schwierigkeiten, die derartigen Untersuchungen entgegenstehen.	1
B. Untersuchungsergebnisse bei morphologischer Betrachtung.	2
1. makroskopisch	4
a) Vergleichsweise Feststellungen an unbehandelten Knochenschnitten, geordnet nach dem Lebensalter und der Dauer der Liegezeit.	5
b) Beobachtungen unter der UV-Analysen-Quarzlampe.	7
c) Beobachtungen nach der färberischen Methode (Amidoschwarz, Ninhydrin)	9
2. mikroskopisch	
a) Beobachtungen bei Anfärbung mit Haematoxylin-Sudan	12
b) Beobachtungen bei Anfärbung mit Haematoxylin-Eosin	13
c) Das Phasenkontrastverfahren und die Beobachtung von ungefärbten Schliffen im Polarisationsmikroskop.	15
C. Kritische Betrachtung der chemischen Untersuchungsmethoden.	
1. Stickstoff-Bestimmung (Kjeldahl)	17
2. Fett-Bestimmung im Soxhlet- Gerät	
D. Ergebnisse nach physikalischen Methoden.	
1. Nach dem Röntgen-Spektrumogramm	18
2. Auswertung von Röntgenbildern des proximalen Teiles des Oberschenkels.	23
3. Untersuchungen mit Fluoreszein, Tusche und Tinte	24
4. Beurteilung weiterer Methoden (Ultraschall, Radiocarbonmethode)	25
E. Zusammenfassung der Ergebnisse	30
F. Anhang. Tabellen I - IX	35
G. Literaturnachweis	48

Digitized by the Internet Archive
in 2026

A. Einleitung

Die forensische Medizin sieht sich häufig vor die Frage nach der Liegezeit und dem Lebensalter aufgefunder Skeletteile gestellt.

Bei der Beurteilung von Knochen mit unbekannter Liegezeit ist auch das erreichte Lebensalter, das meist unbekannt ist, zu berücksichtigen.

Es ist bekannt, daß kindliche Skelette bereits nach 5 Jahren völlig verwittert sein können und die Knochen von Menschen, die das 20. Lebensjahr kaum oder nicht erreichten, makroskopisch einen stärkeren Dekompositionsgrad als die Knochen älterer Menschen zeigen. Das liegt wahrscheinlich daran, daß die Umbildung des jüngeren Geflechtknochens in den wesentlich härteren lamellär strukturierten Knochen meist etwa mit dem 20. Lebensjahr abgeschlossen ist.

Schon Bargmann wies auf diese Altersveränderung des Knochengewebes hin und schrieb in diesem Zusammenhang:

"Das Ergebnis des lebenslänglichen Knochenumbaus, den wir als Anpassung an Änderungen der mechanischen Beanspruchung betrachten können, ist der Greisenknochen, ausgezeichnet durch klare Herausbildung des trajektoriellen Baues. Infolge Schwundes funktionell weniger bedeutsamer Bälkchen wird das Schwammwerk des Knochens großporig, treten die für die Normalfunktion wichtigsten Spongiosazüge deutlich hervor. Die Herabsetzung der Bruchfestigkeit des Altersknochen

(z.B. Schenkelhalsfraktur) ist z.T. auf die von den Markräumen her erfolgende Verdünnung des Knochens zurückzuführen, der nicht eine gesteigerte Gewebsresorption durch Osteoklasten, vielmehr eine Einschränkung der Osteoblastentätigkeit zugrunde liegt."

Man kann hieraus folgern, daß nicht nur die Struktur des Adoleszenten-Knochens, sondern auch die des Greisenknochens einen besonderen Einfluß auf den Ablauf der Veränderungen während der Liegezeit hat.

Es ist daher wichtig das "Lebensalter" zu berücksichtigen.

In dieser Richtung soll die vorliegende Arbeit einen Beitrag zu dem Gesamtproblem bringen.

B. Untersuchungsergebnisse bei morphologischer Betrachtung.

Als Material für die nachstehenden Untersuchungen standen 21 Femurknochen zur Verfügung, von denen die Liegezeit, das Lebensalter, Geschlecht und in groben Zügen auch die Bodenbeschaffenheit der Gräber genau bekannt waren. Für die Versuche wurde einheitlich das proximale Ende des Oberschenkels gewählt, um einmal die etwa gleichen strukturellen Bedingungen zu Grunde legen zu können und weil bei den Skelettentnahmen aus Gräbern der Oberschenkel meist noch in toto erhalten war. Die Skeletteile stammen aus Friedhöfen von Selbitz, Mellrichstadt, Haßfurt, Münchberg und Rothenburg. Die Liegezeiten betrugen 18 - 70 Jahre. Außerdem standen 3 Exhumierungsfälle mit 7, 9 und 1 Jahr zur Verfügung, bei denen das erreichte Lebensalter nicht genau ermittelt werden konnte.

Während die Knochen aus Münchener Friedhofsböden (Berg und Specht) sich schon nach 8 - 9 Jahren völlig skelettisiert

zeigten oder keine, evtl. nur geringe Markreste in Form von Fettwachs aufwiesen, wobei der Knochen selbst das Fettdurchtränkungsstadium bereits durchlaufen hatte, war bei den Knochen aus obigen Friedhöfen selbst bei alten Knochen noch oft Fettwachs vorhanden und das Durchtränkungsstadium noch nicht abgelaufen.

siehe Anhang, Tabelle I.

Um diese verschiedenartigen Einflüsse der Bodenbeschaffenheit bei den vorliegenden Versuchen nach Möglichkeit einzuschränken, sind die Knochen aus Gräbern entnommen, bei denen die Bodenzusammensetzung wenigstens annähernd dieselbe war (mehr oder weniger lehmhaltiger Sand). Die Liegetiefe war auch dieselbe, durchweg 1,80 m, wie sie ja im Bundesgebiet wie auch im früheren Deutschen Reich gesetzlich festgelegt ist bzw. war. Die verschiedene Holzart der Särge bzw. ihre Qualität scheint keinen nennenswerten Einfluß auf die Erhaltung der Knochen zu haben, was auch von Friedhofsbediensteten bestätigt wird. Rein empirisch ist auch von den Friedhofswärtern bemerkt worden, daß eine gewisse Relation zwischen Liegezeit und Lebensalter einerseits und Aussehen und Gewicht andererseits besteht. Wenn sich hieraus auch keine brauchbare Hilfe bei der Bestimmung von Knochenmaterial ableiten läßt, so interessierte doch die Unterredung mit erfahrenen Totengräbern, die immerhin zeigte, daß sich einige von ihnen bei der sich manchmal über Jahrzehnte hinaus erstreckende Tätigkeit Gedanken über das unterschiedliche Aussehen der ausgegrabenen Knochen gemacht haben. So sollen Knochen alter Menschen, ganz unabhängig von der Liegezeit in ihrer Konsistenz erheblich härter sein, als die junger Menschen. Bei Graböffnungen nach ca. 20 jähriger Liegezeit hätte es sich immer wieder gezeigt, daß die Knochen von Gestorbenen, die beim Tode das 20. Lebensjahr noch nicht erreicht hatten, viel schneller verwittern, als die Knochen älterer Menschen. Ganz extrem sei dies bei Kindern der Fall, die in einem Lebensalter von unter 4 Jahren verstorben sind, von denen oft bereits nach 6 - 7 Jahren überhaupt keine

festen Bestandteile mehr vorhanden seien. Dieses dürfte wohl darauf zurückzuführen sein, daß bei älteren Menschen mehr Kalk in den Knochen eingelagert wird, der dann beim Greis aus "physiologisch" bedingten osteoporotischen Vorgängen mehr und mehr wieder verschwindet. Als Faustregel wird weiter angegeben, daß die helle Tönung der Knochen im allgemeinen auf eine längere Liegezeit schließen läßt. Der Vorgang ist damit zu erklären, daß u.a. durch den Schwund der Weichteilreste, Ablösung des Periostes, anfänglich schnellere Dekomposition und Fettdurchtränkung der Knochen zunächst dunkler getönt ist. Die Beobachtung des rascheren "Leichterwerdens" in der Nähe von großen Bäumen dürfte wohl komplexer Natur sein und nicht wie angenommen, lediglich auf den größeren Wasserbedarf der Bäume zurückzuführen sein. Unzweifelhaft spielen hier Dekompositionsercheinungen im weiteren Sinne eine erhebliche Rolle.

Wie bereits auch schon im Institut für gerichtliche Medizin in Erlangen beobachtet wurde, sind Knochenteile, die im Wurzelgeflecht von Pflanzen lagern, besonders leicht. Auch seien die Knochen im Gewicht leichter, die aus Funden in der Nähe großer Bäume stammen.

Im allgemeinen fallen die Knochen eines Gerippes nach 6 - 7 Jahren bereits bei Berührung auseinander, da die Bänder zu dieser Zeit verfault seien. Die Angaben über den Bänderverfall decken sich mit den in der Fachliteratur erfolgten Mitteilungen.

Erwähnenswert ist eine in unserem Institut gemachte Beobachtung, nach der ein Bänderzerfall bereits nach 2 Jahren bei einer schweren chronischen Thalliumvergiftung eingetreten war.

1. Makroskopische Untersuchungen

Zuerst wurde nur nach morphologisch- makroskopischen

Gesichtspunkten verfahren.

Bei der Auswertung der Knochen (Diaphysenquerschnitte etwa 10 cm unterhalb des Trochanter minor) wurde so vorgegangen, daß die Schnitte einmal nach Liegezeit (Tafel 1⁺) und dann nach Sterbealter (Tafel 2⁺) geordnet auf einer steifen Pappe aufgezogen wurden. Diese Anordnungen ermöglichen es, sich bereits übersichtsweise ein Bild des gesamten Materials zu machen. Hierbei konnte auch beobachtet werden, daß sowohl die unbehandelten, als auch die mit Amidoschwarz und Ninhydrin angefärbten Schnitte (siehe später) keine Änderung nach Grabentnahme und Anfertigung vor ca. 4 Jahren erfahren haben.

a) Vergleichsweise Feststellung an unbehandelten Knochenschnitten geordnet nach dem Lebensalter und der Dauer der Liegezeit.

Schon bei rein makroskopischer Betrachtung fiel auf, daß keine gleichmäßig ansteigende Verschlechterung der Erhaltung nur nach der Liegezeit (L) festzustellen ist. Die ersten drei Knochenschnitte stammten aus dem Institut und wurden vergleichsweise beigelegt.

Der erste dann folgende Knochen mit der niedrigsten Liegezeit (18 Jahre) war außerordentlich stark verwittert, bedingt vielleicht durch das hohe Sterbealter (St) (83 Jahre). Die dann folgenden 7 Knochen mit einer Liegezeit von 19-23 Jahren weisen ein Sterbealter auf von 37, 54, 23, 64, 37 und 78 Jahren, die nach ihrem Aussehen auf keinen Fall einen Rückschluß auf wünschenswerte Daten zulassen würden, wenn diese nicht bekannt wären. Am besten erhalten ist fraglos Nr. 17 (L 21 Jahre, St 64). Die beiden Schnitte 13 (L 19 Jahre, St 37) und 2 (L 22 Jahre, St 37) sind allerdings auffallend gleich. Der Schnitt 5 (L 21 Jahre, St 54) ist in dieser Gruppe wohl am stärksten verfärbt (zum Innensaum zunehmende wolkige Graufärbung), dagegen der Knochen 17 (L 21 Jahre, St 64) überhaupt nicht. Der Schnitt 14 (L 23 Jahre, St 72) ist bereits

⁺) Die Sammlung der Knochenschnitte (Tafeln 1 bis 2) befindet sich im Institut für gerichtliche Medizin, Erlangen-Nürnberg.

vollkommen verwittert, Compacta an einer Stelle nur noch 1 mm dick, während Nr. 17 (L 21 Jahre, St 64) eine Compacta-Stärke von 6 - 11 mm bei guter Beschaffenheit aufweist.

Der folgende Schnitt 20 (L 24 Jahre, St 74) ist zwar stark unregelmäßig verfärbt, in seiner Konsistenz jedoch gut erhalten, der Schnitt 21 (L 24 Jahre, St 78) ist wieder sehr stark verwittert (spongiosaähnliche Auflockerung von Compacta und Endost). Schnitt 4 (L 26 Jahre, St 59) zeigt keine nennenswerten Verfallerscheinungen, ist aber ungewöhnlich stark streifig grau verfärbt, ähnlich, aber wesentlich weniger grau verfärbt Schnitt 16 (L 28 Jahre, St 68). Die Schnitte 9 (L 30 Jahre, St 65) und 8 (L 33 Jahre, St 25) zeigen keine allzu großen Unterschiede, der Schnitt 9 ist aber stärker dunkelgrau verfärbt. Der Schnitt 11 (L 34 Jahre, St 23) zeigt bei Randverfärbung eine auffallend weiße, kräftige Compacta. Schnitt 12 (L 34 Jahre, St 38) zeigt dagegen leicht "spongiöse" Verwitterungserscheinungen und mittelstarke Grautönung. Schnitt 15 (L 34 Jahre, St 17) ist wieder vollkommen verwittert (spongiöse Auflösung fast der gesamten Compacta). Schnitt 1 (L 49 Jahre, St 31) ist dagegen wieder erstklassig erhalten. Compacta ganz leicht gelblich gefärbt, Stärke 6 - 8 mm. Schnitt 19 (L 49 Jahre, St 64) ist wieder stark verfärbt und befindet sich im Anfangsstadium "spongiöser" Auflockerung. Schnitt 3 schließlich zeigt einen Knochen mit etwa 70 jähriger Lagerung (Lebensalter ca. 70 Jahre) der zwar leicht graugelb verfärbt aber trotz der langen Liegezeit noch sehr gut erhalten ist. Compactastärke durchschnittlich 6 mm.

Ergebnis:

Bei makroskopischer Betrachtung lassen sich die Verwitterungserscheinungen nach der Dauer der Liegezeit selbst unter Berücksichtigung des Lebensalters in kein brauchbares Schema einordnen, wenigstens soweit es sich um die

~*~

von uns verwendeten Schnitte aus der Mitte des Oberschenkels handelt.

Allgemeine Feststellungen nach Tabelle II.

Nach dieser Tabelle ist festzustellen, daß

1. die Knochen der in jugendlichem Alter Gestorbenen sehr schlecht erhalten sind, ebenso aber auch die Knochen der in hohem Alter verstorbenen.

Mithin ist der relativ beste Erhaltungszustand festzustellen bei den im Alter von 30 - 60 Jahren Gestorbenen (auch hier mit Ausnahmen).

2. Der Erhaltungszustand von in nassem Lehm Bestatteten am besten, der in sandigem Lehm mässig ist, dagegen schlecht in lehmigem Sand und am schlechtesten in reinem Sand.

b) Beobachtungen unter der UV-Analysenquarzlampe.

Die Beobachtungen unter der UV-Analysenquarzlampe ergaben folgendes:

Die Untersuchungen wurden so vorgenommen, daß etwa in der Mitte des Oberschenkels eine größere Anzahl von Sägeschnitten bis zu ca. 1/2 cm Stärke angefertigt wurden. Die Prüfung der Ultraviolett-Fluoreszenz erfolgte an diesen Compacta-Sägeschnitten. Hierbei zeigte es sich, daß auch ältere Schnitte (vor 4 Jahren hergestellt) gegenüber frisch angefertigten nichts an Fluoreszenz-Intensität eingebüßt hatten. Es scheint daher nicht nötig, bei der Auswertung der Fluoreszenz jedesmal frische Querschnitte an den Vergleichsknochen herzustellen.

Es erfolgte nun eine Überprüfung der von Neckermann herangezogenen Kriterien für die Festlegung der Liegezeit, nämlich

- a) die Intensität und Helligkeit des Aufleuchtens
(je stärker, desto kürzer die Liegezeit)

b) der blauviolette Farbton

(von 5 - 20 Jahren leuchtend und an Stärke zunehmend, später mehr ins graue und stumpfe übergehend)

c) die Ausbildung einer gelben Randzone

(je stärker und breiter desto längere Liegezeit)

d) der allmähliche Umschlag ins Gelbbraune

(nach 30 Jahren)

e) der rotbraune Farbton

(bei Knochen mit sehr langer Liegezeit).

Bei der Kontrolle anhand der Knochen mit bekannter Liegezeit konnte zwar z.T. bestätigt werden, daß eine Abhängigkeit zwischen Liegezeit und Fluoreszenz in dem Sinne besteht, daß die Helligkeit und Stärke der Violettfärbung auf eine kürzere Liegezeit schließen lassen. Ausnahmen treten aber doch so häufig auf, daß im Gegensatz zu der Auffassung von Neckermann der nur 5 Knochen mit verschiedenen Liegezeiten (mit einer Streuung von 1 bis wahrscheinlich über 100 Jahre) und 6 Femora (mit einer Liegezeit zwischen 20 - 25 Jahren) zur Verfügung hatte, dieses Verfahren für exakte Untersuchungen kaum verwendbar sein dürfte. Neckermann hatte wohl selbst bemerkt, daß die Liegezeitbestimmung mit Hilfe des UV Lichtes unter Berücksichtigung seines Materials keine sicheren Schlüsse zuläßt. In der Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse schreibt er: "Diese Methode kann für die Todeszeitbestimmung eine größere Bedeutung erlangen, wenn sie an umfangreichem Material überprüft worden ist."

Auf Anregung von E. Weinig hat Koslowski das Problem bearbeitet, der zu einem ähnlichen Resultat wie Neckermann kam.

Um auch den Einfluß der "Neutralfette" auszuschalten, wurden dieselben mittels Aether im Soxhlet-Gerät extrahiert. "Hierbei zeigte sich außer einem helleren Aufleuchten keine Änderung der Fluoreszenz." (Koslowski). Meine Beob-

achtungen stützen sich auf die Fluoreszenzerscheinungen mit noch nicht abgeschlossener Fettauswanderung bzw. Fettwachsbildung. Bei diesen Knochenschnitten war keine eindeutig signifikante Fluoreszenzminderung festzustellen. Berg und Specht sind dagegen der Auffassung, daß auch eine noch vorhandene Fettdurchtränkung einen abschwächenden Einfluß auf den Fluoreszenzgrad hat. Hinzu kommt der Faktor des Lebensalters. Wenn das vorliegende Material auch immer noch wegen der Fehlermöglichkeit der kleinen Zahl keinen zwingenden Schluß zuläßt, so scheint doch bei etwa gleicher Liegezeit, das Lebensalter eine nicht unwesentliche Rolle zu spielen. Adoleszenten- und Greisenknochen zeigen im allgemeinen eine geringere Fluoreszenz, was zu einer weiteren sehr vorsichtigen Beurteilung der Resultate dieses Verfahrens zwingt.

siehe Anhang, Tabelle III und IV

c) Beobachtungen nach der färberischen Methode.

Weiter wurden Versuche angestellt, durch Anfärbung von Knochenquerschnitten aus dem Diaphysenbereich eine Liegezeitdatierung zu ermöglichen.

Es wurde bereits von Neckermann (auf Anregung von E. Weinig) und später von Berg und Specht überprüft, ob evtl. durch Anfärbbarkeit der Knochensubstanz mit Indophenol und Nilblau eine Liegezeitbestimmung ermöglicht werden kann. Nach Ansicht von Neckermann hat sich die Anfärbbarkeit der Knochenporen gegenüber Indophenol als brauchbar erwiesen. Berg und Specht bestätigten die Befunde von Neckermann. Auch sie sahen die Abnahme der Indophenolfärbung mit zunehmender Liegezeit steigender Anfärbbarkeit der Knochensubstanz mit Nilblau. Diese Färbemethode darf jedoch nicht

überbewertet werde. Auch Berg und Specht schrieben:
"Es fällt auf, daß über eine verhältnismäßig große
Zeitspanne hinweg - etwa von 10 - 100 Jahren Liegedauer-
der Knochen von beiden Stoffen ziemlich gleich gut an-
gefärbt wird."

Der Versuch nunmehr mit der Amidoschwarzfärbung dem
Problem näher zu kommen, ist meines Wissens nicht
unternommen worden. Es wurden, wie aus den beiden
Tabellen ersichtlich, zwei Färbungen verschiedener In-
tensität durchgeführt.

siehe Anhang, Tabelle V und V a

Aber auch hier ist bei beiden Versuchen zu erkennen, daß
keine zunehmende Aufhellung bei Knochen mit anwachsender
Liegezeit festzustellen ist.

Diese Färbung ist in den Tabellen lt. Einzelbewertung
der Knochenschnitte sehr unregelmäßig. Auch Lebens-
alter und Umweltmilieu des Grabes haben eine nicht
auszuschaltende Bedeutung. Es folgt die Behandlung
der Knochenschnitte mit Ninhydrin.

siehe Anhang, Tabelle VI

Bereits Koslowski und Spiegel stellten Untersuchungen
über die Reaktion mit Ninhydrin bei verschieden alten Kno-
chen an, wobei aber Lebensalter und Liegezeit der Knochen
kaum oder ungenau bekannt war. Es sollte nun auch diese Reak-
tion nochmals überprüft werden und zwar bei den Knochen-
schnitten unserer Tafeln 3, 4 und 5, bei denen sowohl Le-
bensalter wie Liegezeit genau bekannt sind. Ninhydrin ist die
Kurzbezeichnung von Triketohydrindenhydrat und findet Ver-
wendung zum Nachweis von Eiweiß und Eiweißspaltprodukten.

Aminosäuren können schon in geringen Mengen nachgewiesen werden (E. Lehnartz). Außer diesen Stoffen reagieren noch Amine, Aminoaldehyde, Aminosulfonsäuren, Peptone, Polypeptide, Alantoin (rotstichiger Farbton), Taurin Ammoniaksalze von Aldehyd- und Ketonensäuren, Milchsäure und andere organische Säuren. Isoserin gibt ebenfalls eine Blaufärbung. C. Neuberg sagte zu diesem Thema: "Wenn man von der Überlegung ausgeht, daß eine Relation zwischen dem Abbau von organischen Substanzen und die Ninhydrinreaktion bei längerer Liegezeit immer schwächer ausfällt, sodaß gewisse Schlüsse auf die Liegezeit der Skeletteile evtl. berechtigt wären."

Koslowski hat nun versucht das unterschiedliche Verhalten von Knochen verschiedener Liegezeit durch die Ninhydrinreaktion zu verwerten und zu einer Liegezeitbestimmung unbekannter Knochen zu kommen. Seine Beobachtung ging dahin, daß die jüngeren Knochen sich dunkelblau einfärben und mit zunehmender Liegezeit heller werden und schließlich ins Grau übergingen. Das ihm zur Verfügung stehende Material war jedoch in Bezug auf die Liegezeit ziemlich ungenau und zu klein und die aus der verschiedenen Anfärbbarkeit gezogenen Folgerungen nicht ausreichend.

Auf Anregung von E. Weinig wurde daher durch Spiegel dieser Fragenkomplex nochmals überprüft, wobei jedoch ebenfalls kein exakt datiertes Knochenmaterial zur Verfügung gestellt werden konnte.

Trotz der theoretischen Überlegung von C. Neuberg kam Th. Spiegel auch nur zu der Feststellung; "daß die Ergebnisse nicht einheitlich seien und keine genauen Hinweise auf den Grad des Alterungsprozesses gestatteten."

Um nun bei den erneuten Färbversuchen mit Ninhydrin die

Untersuchungsergebnisse von Spiegel zu überprüfen, wurde genau die gleiche Methode angewendet, da sie am besten den erforderlichen Färbebedingungen entsprach.

Aber auch bei diesen Versuchen unter Berücksichtigung der feststehenden Liegezeit und des genauen Lebensalters waren mit der Ninhydrinfärbung keine Kriterien zu finden, die eine zuverlässige Beurteilung der Liegezeit eines Knochens mit unbekannter Datierung möglich machen.

2. Mikroskopische Untersuchungen.

a) Mikroskopisch wurden zunächst Beobachtungen bei Anfärbung mit Haematoxylin-Sudan gemacht.

siehe Anhang, Tabelle VII.

Es fällt bei Betrachtung aller Objekte auf, wie relativ gut und auch gleichmäßig die Struktur der einzelnen Schnitte erhalten ist. Dies liegt zum Teil an der im Diaphysenbereich besonders widerstandsfähigen Compacta und wird einmal durch das gegen Verwitterungseinflüsse bis zu einem gewissen Grad schützende Periost verursacht. Auch die anschließenden Grundlamellen, sowie die Osteonen und Schaltlamellen tragen u.a. zur Erhaltung der Festigkeit bei.

Es ist daher gar nicht so verwunderlich, daß diese Methode für Liegezeiten bis zu 30 Jahren, die für die forensische Medizin wegen der Verjährung des Mordes nach 20 Jahren gerade die wichtigste ist, zum Zweck des Nachweises eines mikroskopisch feststellbaren kontinuierlich fortschreitenden Strukturzerfalles einer Urteilsbildung große Vorsicht auferlegt, wie sich aus den histologischen Auswertungen am einzelnen Knochenschnitt zur Genüge ergibt.

Berg und Specht schreiben darüber:

"Der Beginn des postmortalen Strukturzersatzes im Bereich der Compacta zeigte sich bei den Knochen aus den Münchener Erdgräbern nach einer etwa 10 jährigen Phase, in der allenfalls von einem Deutlicherwerden der Lacunen in den konzentrischen Lamellensystemen gesprochen

werden kann, mit dem zögernden Auftreten von Zusammenhangsverschiebungen innerhalb der Schaltlamellenfelder bzw. von Versinterungserscheinungen an den äußeren Grundlamellen. Von geringen Schwankungen abgesehen, blieb der Befund innerhalb der ersten Jahrzehnte praktisch unverändert. Wir sahen zwar an verschiedenen Knochen z.B. mit Liegezeiten von 10, 20, 30 und 50 Jahren Differenzen im Sinne einer eindeutigen Progredienz des Strukturzerfalles; diese Veränderungen wurden aber bei anderen Knochen, auch solchen gleicher Lagerungsverhältnisse, vermißt, so daß von einem gesetzmäßigen Strukturwandel innerhalb der ersten Jahrzehnte kaum die Rede sein kann."

Bei Auswertung der Tabelle VII (histologische Schnitte mit bekannter Datierung) sind nun obige Feststellungen weitgehend bestätigt, allerdings konnte selbst ein Deutlicherwerden der Lacunen nicht festgestellt werden. Bei einem 83 jährigen Mann und 18 jähriger Liegezeit erschien das Lumen der Havers'schen Kanäle im Verhältnis zu den sonstigen Beobachtungen wesentlich vergrößert, ebenso bei einem anderen Knochen (Sterbealter über 70 Jahre). Hieraus möchte ich jedoch keine Schlüsse ziehen, da dieses Phänomen vielleicht auch artifizieller Natur sein könnte. Interessant ist allerdings die Beobachtung von Beumer der annimmt, daß bei älteren Menschen die Havers'schen Kanälchen weiter werden. Die Ergebnisse anderer Autoren sind nicht so eindeutig. In dem von Rämsch zusammengestellten Material konnte die Annahme Beumers ebenfalls nicht bestätigt werden.

Sonst zeigt die Haematoxylin-Sudanfärbung ganz offensichtlich eine Gleichförmigkeit in Bezug auf die Havers'schen Systeme, Grund- und Schaltlamellen, die eine systematische Auswertbarkeit kaum zuläßt.

b) Färbung mit Hämatoxylin - Eosin.

Bei der Auswertung der Präparate fiel auf, daß die Resultate sich etwa mit den Ergebnissen der Haematoxylin-Sudanfärbung deckten.

siehe Anhang, Tabelle VIII.

Auch hier war festzustellen, daß gerade bei den Liegezeiten zwischen 10 und 50 Jahren eine verhältnismäßige starke Homogenität bestand, die eine Verwendbarkeit dieser Methode bei der Liegezeitbestimmung nur ganz bedingt zuläßt. Auch hier war eine Lumenerweiterung der Havers'schen Kanäle (Nr. 12 und 3) erkennbar. Warum es bei Präparat Nr. 6 zu einer "Gesamtstrukturauflösung bei noch sonst gut erhaltenen Systemen" kam, ist nicht recht verständlich, da hier das Lebensalter 44 1/2 Jahre bei 23 Jahren Liegezeit betrug.

Möglich, jedenfalls nicht zu widerlegen, ist die Annahme, daß das frühe Sterbealter auf eine Erkrankung schließen läßt, die zu dem sonst nicht beobachteten Bild führte.

Der von Berg und Specht beobachtete "postmortale Strukturersatz" Delafield-Färbung, Vergrößerung etwa 120fach, der nach 10 jähriger Liegezeit in einem Grab in Oberösterreich festgestellt wurde, konnte in dieser Form bei dem mir vorliegenden Material nirgends beobachtet werden. Es ist aber anzunehmen, daß, wie bereits früher ausgeführt, auch in diesem Fall das dort unbekannte Lebensalter oder andere Einflüsse eine entscheidende Rolle gespielt haben dürften.

Auch ein anderer von Berg und Specht wiedergegebene postmortale Strukturersatz am Femurquerschnitt "Beginn mit Ausbildung von Sinterlinien in den Schaltlamellen-Feldern (14 Jahre Erdgrab) peripherer Osteongürtel - Lebensalter 67 Jahre" - könnte eher Folgerungen auf das erreichte Lebensalter als auf die Liegezeit zulassen. Die Haematoxylin-Eosin-Färbung entspricht etwa der von Delafield, von der Berg und Specht feststellten, daß sich für die ersten Jahrzehnte praktisch gleichbleibende Befunde ergeben. Diese Beobachtungen stimmen auch mit unseren Ergebnissen überein. Wir stehen also auch hier vor der Tatsache, keine nur einigermaßen sichere Diagnose der Liegezeit von Knochen unbekannter Datierungen stellen zu können.

c) Weitere mikroskopische Untersuchungen.

Das Phasenkontrastverfahren und die Beobachtung von ungefärbten Schliffen im Polarisationsmikroskop.

Das Phasenkontrastverfahren nach F. Zernike zeigte trotz wesentlich prägnanterer Darstellung der Objekte keine Änderung, die eine zusätzliche Auswertbarkeit zuließen.

Ähnlich lagen die Resultate bei der Auswertung der Haematoxylin-Eosin Schnitte im polarisierten Licht. Auch hier konnten keine Beobachtungen gemacht werden, die für eine exakte Liegezeitbestimmung wertvoll gewesen wären.

Koslowski untersuchte ungefärbte Schnitte im Polarisationsmikroskop und verwendete solche von ca. 40 Stärke, da es sich herausstellte, daß die vorhandenen Brechungserscheinungen an dicker geschnittenen Präparaten deutlicher sichtbar waren, als an denen mit einer Schnittdicke von 20 . Verwendet wurde eine Paraffineinbettung und Wert darauf gelegt Rückstände zu vermeiden, da Rest-Paraffin evtl. eine nicht vorhandene Anisotropie vortäuschen könnte. Bei seinen Beobachtungen stützte sich Koslowski auf die bereits von von Ebner gemachten Beobachtungen der mittels des Polarisationsmikroskopes beweisen konnte, daß "die Knochenfibrillen ebenso einachsig doppel brechend sind, wie die kollagenen Fibrillen des Bindegewebes". Ferner behauptete er, daß die Doppelbrechungserscheinungen an Knochenpräparaten von den leimgebenden Fibrillen abhängig sind. J.Schaffer konnte dieses beweisen, indem er fossile Knochen, welche ihre äußere Struktur vollkommen bewahrt hatten, in denen jedoch die leimgebenden Fibrillen zerstört waren, unter dem Polarisationsmikroskop untersuchte und keine Doppelbrechung mehr feststellen konnte.

Es bestand nun eine gewisse Möglichkeit, daß im Rahmen der für die forensische Medizin gegebene Liegezeit eine

kontinuierliche Abnahme der Doppelbrechung beobachtet werden könnte.

Im Gegensatz zu Koslowski gingen wir nun so vor, daß auf eine Paraffineinbettung überhaupt verzichtet wurde. Die Technik bestand darin, bereits ganz dünn gesägte Kompaktschnitte erst an einem Schleifstein zu bearbeiten und dann anschließend mit feinstem Schmirgelpapier auf eine Dünne zu bringen, die eine Beobachtung von Doppelbrechungserscheinungen ermöglichte. Die Einbettung erfolgte in Kanada-Balsam (glashart). Verwendet wurde ein Polarisationsmikroskop, wobei die Präparate bei gekreuzten Nicols betrachtet wurden.

Die Fibrillensysteme zeigten eine enorme Verbundstärke, die dazu führt, daß die Doppelbrechung sich im Bereich mindestens der ersten 5 Dezennien nur wenig ändert.

Koslowski schreibt dagegen: "Es zeigte sich, daß die Anisotropie an den einzelnen Lamellen mit dem Zeitpunkt aufzuhören beginnt, an dem Zerstörungen in Form von Durchlöcherungen der einzelnen Lamellenplatten einsetzen. Dieses ist bei einem Alter von ungefähr 25 bis 30 Jahren der Fall. Mit längerer Liegezeit und damit einhergehender fortschreitender Zerstörung des Knochens nimmt auch die Doppelbrechung ab, bis sie bei einer Liegezeit von mehr als 100 Jahren gänzlich geschwunden ist."

Diese abweichende Beobachtung von Koslowski könnte evtl. darauf zurückzuführen sein, daß Koslowski ein Instrument benutzt hat, das exakte Feststellungen nicht mit der nötigen Präzision zuließ.

Die Auswertung meines Materials deckt sich eher mit den Beobachtungen von Berg und Specht, die in diesem Zusammenhang schrieben: "Wir fanden bei den Reihenanalysen der Schnitte im polarisierten Licht, daß die Fibrillensysteme der Knochenlamellen noch viel widerstandsfähiger sind, als man dies nach den Färbungsbefunden annehmen könnte. Auch an mehrtausendjährigen Knochen, verschiedener präh-

historischer Fundstätten, welche normaloptisch nur noch einen fast amorphen Brei von Strukturtrümmern zwischen den hier noch sichtbaren Lücken der Havers'schen Röhren erkennen ließen, sodaß gegebenenfalls sogar die Organdiagnose in Frage gestellt wäre, erschienen im polarisierten Licht bei gekreuzten Nicols noch vielfach erhaltene Lamellenbilder".

Wie schon oben gesagt, zeigte die Auswertung der Schliffe, daß gerade bei einer Liegezeit zwischen 20 und 30 Jahren die Anisotropie völlig erhalten ist. Selbst Schliffe wie Nr. 1 (Liegezeit 49 Jahre, Lebensalter 31 Jahre) zeigten wie auch Nr. 19 (Liegezeit 49 Jahre, Lebensalter 64 Jahre) keinen Ansatz einer beginnenden Isotropie.

Berg und Specht beschrieben einen Knochen, der 200 Jahre in einem Erdgrab gelegen hatte: "Er zeigte noch recht gut erhaltenen Strukturzusammenhang bei fortgeschrittener Isotropisierung durch Fibrillenzerfall. Es war eine Reduktion der negativ-brechenden zugunsten der positiv doppelbrechenden Sektorenpaare eingetreten".

Die Farbproduktion zeigt eindeutig, daß die Streuungsweite (zwischen Anisotropie bis zur beginnenden Isotropie) so groß ist, daß dieses Verfahren nur als Adjuvans mit anderen Verfahren herangezogen werden kann.

C. Kritische Betrachtung von 2 chemischen Untersuchungsmethoden.

1. Die Stickstoff-Bestimmung nach Kjeldahl.

Neckermann vermutete zwar, daß auf Grund halbquantitativer Schätzungen nach dem Verfahren von Lassaigne wenigstens zwischen frischen, Jahrzehnte alten und 100 jährigen Knochen gesetzmäßige Unterschiede im Stickstoffgehalt zu finden seien. Nach der quantitativen N-Bestimmung nach Kjeldahl soll jedoch lt. Berg und Specht innerhalb der ersten 50 Jahre Lagerung im Erdgrab praktisch überhaupt keine meßbare Veränderung des Stickstoffgehaltes der Knochen stattfinden. Beide Autoren gehen

soweit, anzunehmen, daß erst im Laufe von Jahrhunderten offenbar die Gerüsteiweiße der Compacta allmählich zersetzt und eluiert werden, sodaß man sogar an prähistorischen Stücken immer noch mit Stickstoffwerten von um ca. 25% der Ausgangsgrößenordnung rechnen kann.

Diese Stickstoffbestimmungsmethoden sind daher für eine Liegezeitbestimmung ungeeignet.

2. Ähnliche Ergebnisse zeigten die Fettmengebestimmungen im Soxhlet-Gerät. Nach Berg und Specht halten sich die Werte innerhalb der ersten 30 Jahre p.m. praktisch auf gleicher Höhe, wobei allerdings die Einschränkung gemacht wird, daß es sich nicht ausschließlich um "Neutralfette" handelt.

Diese Beobachtungen decken sich etwa mit der Feststellung bei der Haematoxylin-Sudan-Färbung, daß nämlich bei Liegezeiten bis zu 50 Jahren, wie sie bei vorliegendem Material gegeben sind, nur unwesentliche und zeitlich ungleiche Änderungen festzustellen sind.

D. Ergebnisse nach physikalischen Methoden.

1. Röntgen-Spektrogramm.

Auf der Suche nach einer weiteren brauchbaren Methode zur Datierung eines im Erdreich aufgefundenen Knochens war wenigstens einmal theoretisch zu überprüfen, ob bereits vorliegende Erkenntnisse in dieser Richtung einen gangbaren Weg aufzeigen können. Während Genese und mikroskopisch strukturelle Gestaltung der Grundsubstanz eines Knochens sehr unterschiedlich sind, so trifft dies nicht zu für die Art der eingelagerten anorganischen Bestandteile. Knorpel- und Belegknochen enthalten Hydroxylapatit und zwar trotz verschiedenster Altersklassen stets von praktisch gleicher Kristallgröße und -güte, sowohl beim Fötus, dem Neugeborenen oder dem alten Menschen.

(s. Schmidt, W.J. Der Feinbau der anorganischen Grundmasse des Knochengewebes 1931/33)

Feststellungen, die in den Lehrbüchern von Lehnartz, (Chemische Physiologie 1937) und bei Abderhalden, (Lehrbuch der Physiolog. Chemie 8. Auflage 1941) eine restlose Anerkennung noch nicht gefunden haben.

Lehnartz schreibt: "Die Hauptmasse der Kalksalze findet sich naturgemäß im Knochen. Es handelt sich überwiegend um Calciumphosphat, dem in geringer Menge Calciumkarbonat beigemengt ist.

Die genaue chemische Formulierung der Calciumsalze des Knochens ist noch nicht ganz sichergestellt, sehr wahrscheinlich handelt es sich aber um ein Gemisch von Hydroxylapatit mit Calciumkarbonat." und Abderhalden: "Die Form, in der das Calciumphosphat im Knochengewebe vorhanden ist, ist bis in die neueste Zeit umstritten gewesen. Es wird ihm jetzt die Struktur des Hydroxylapatits zugeschrieben."

Am vorwiegenden Vorhandensein von Hydroxylapatit kann jedoch kein Zweifel sein.

Wichtig sind v.a. die chemischen Untersuchungen an Knochen in erforderlicher Breite durch R. Klement (Naturw. 26, 145, 1926). Hiernach ist die Analyse der anorganischen Knochensubstanz in Gewichtsprozenten beim Menschen:

Ca	PO ₄	CO ₃	Mg	Na	K	Ca : PO ₄ : CO ₃
35,09	46,50	5,69	0,36	0,44	0,07	1 : 0,559 : 0,108

Diese Knochensubstanzanalyse deckt sich fast ausnahmslos schon mit den ersten röntgenographischen Feinstrukturuntersuchungen von de Jong, W.F. und S. Funacka wie R. Gross sowie allen späteren (N.W. Taylor, C.J. Sheard, Roseberry, Hastings, Morse u.a.), bei denen im besonderen das Vorhandensein von CaCO₃ und CaH (PO₄) im Knochen ausgeschlossen wird.

Es war nun evtl. zu erwarten, daß sich bei der derzeiti-

gen Kenntnis über den atomaren Feinbau der hier interessierenden Verbindungen des Calciums auf röntgenographischem Wege etwas Fassbares für die Datierung von unbekannten Knochen finden ließ.

So konnte sich im besonderen die Strukturbestimmung mittels der Röntgen- und Elektronen-Interferenz als hierzu evtl. geeignetes Mittel erweisen, zumal unter den festen Stoffen, vielleicht auch im Reich der anorganischen Körper Kristallverbindungen bei weitem überwiegen. Die Molekülverbindungen spielen hier eine nur sehr untergeordnete Bedeutung.

Die Kristallchemie konnte eine weitgehende Selektion vornehmen zwischen den geometrisch an sich denkbaren Kristallstrukturen und den tatsächlich realisierbaren Strukturen. Im besonderen zeigt der wechselweise Abstand der Atome voneinander, in welchem Strukturtyp eine chemische Verbindung auftritt. Sind nämlich auch für einfache chemische Verbindungen die verschiedensten Strukturtypen möglich, so nicht für kompliziertere Verbindungen aus mehreren Atomarten, wie es z.B. die Apatite sind. Sie weisen zumeist nur einen einzigen Strukturtyp auf. Eine Kristallverbindung kann nur mit solchen Atomarten im vorgegebenen Verhältnis eingegangen werden, deren Atomabstände sich mit vorgenanntem Strukturtyp vertragen.

Besonders die Erforschung der Apatitstruktur hat wesentliche Erkenntnisse für den strukturellen Bau des menschlichen Knochens gebracht. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die Calcium-Phosphat-Apatite als Sammelbegriffe angesprochen werden, was nicht ganz richtig ist, da der Begriff Apatit durch den Ersatz verschiedener Atomsorten fast beliebig verändert werden kann.

So ergibt sich u.a. bei Ersatz von:

Ca durch Pb	: $Pb_{10} (PO_4)_6(OH)_2$	= Bleihydroxylapatit
Ca durch Ba	: $Ba_{10} (PO_4)_6(OH)_2$	= Bariumhydroxylapatit
(OH) durch F	: $Ca_{10} (PO_4)_6 F_2$	= Fluorapatit
(OH) durch Cl	: $Ca_{10} (PO_4)_6 Cl_2$	= Chlorapatit
P durch As	: $Ca_{10} (AsO_4)_6(OH)_2$	= Hydroxylarsenapatit

P durch V : $\text{Ca}_{10}(\text{VO}_4)_6(\text{OH})_2$ = Hydroxylvanadinapatit

Alle Untersuchungen sind jedoch stets eingeengt durch die sogenannte röntgenometrische Nachweisbarkeitsgrenze. Nach Klement und Trömel besteht die anorganische Knochensubstanz nicht aus Karbonapatit, sondern in der Hauptsache aus Hydroxylapatit und Fluorapatit.

Eingehende Untersuchungen wurden dann von Taylor und Sheard später von Henschen, Straumann und Bucher unternommen, um vermittels röntgenographischer Feststellungen Veränderungen am kranken Knochen zu ermitteln. Die von letzteren gemachten Feststellungen sind infolge unrichtiger Deutung des Interferenzsystems nicht maßgeblich. (Siehe hierzu Schinz und Brandenberger Unfallmed. 37, 1944.) Im Falle physikalischer Veränderung der anorganischen Knochensubstanz könnte u.a. eine Veränderung der Kristallgröße auftreten oder auch der Kristallsubstanz.

Im Falle chemischer Veränderung der anorganischen Knochensubstanz sind als Kriterium evtl. Veränderungen bestehend in einer Bildung neuer Kristallarten bzw. Einlagerung zusätzlicher Atome in das Gitter der Kristallart vom Typus Apatit oder in einem Austausch von Atomen zu suchen.

Diese Veränderungen müssen aber für einen röntgenographischen Nachweis in Bezug auf die notwendige Konzentration an neugebildeten Kristallarten - um richtig gedeutet zu werden - mindestens über 5 % liegen.

Ein Zurücktreten der ursprünglichen Kristallart wird das Röntgendiagramm nur erkennen lassen, wenn dieses Schwinden mindestens 20% beträgt.

Es war nun beabsichtigt, festzustellen, ob die gegebenen Erfahrungen über gewisse Veränderungen bzw. Nichtveränderungen der anorganischen Knochensubstanz am pathologisch veränderten Knochen evtl. zu verwerten sind als Grundlage für weitere Untersuchungen von Knochen unbekannten Alters zwecks genauerer Datierung, gewissermaßen also Analogieschlüsse aus obigen Erkennt-

nissen zu ziehen. Mit der Untersuchung von kranken Knochen haben sich vermittels der Röntgenographie besonders eingehend Brandenberger und Schinz befaßt mit dem Ergebnis, daß bei den verschiedenen Knochenerkrankungen sich der anorganischen Bestandteil der Knochen genau gleich verhält wie beim normalen Knochen.

Als behandeltes Material werden angegeben: Marmorknochenerkrankungen, reaktive sklerosierende Osteomyelitis, Ostitis deformans, reaktive Osteosklerose bei Blutkrankheiten, primäre Osteosklerose mit Anämie, Osteopathia fibrosa generalisata Recklinghausen, echte Rachitis, renale Rachitis und Osteomalazie, Kalk in osteogenem Sarkom.

In allen diesen Einzeluntersuchungen galt hinsichtlich des Röntgendiagramms dieselbe oben bereits erwähnte Feststellung: Völlige Übereinstimmung mit den gesunden Knochen. Es ist also hieraus klar ersichtlich, daß bei Knochenerkrankungen der weitgehendst verschiedenen Ätiologie eine strukturelle Veränderung der kristallinen Konfiguration von Atomen durch die Röntgen- und Elektronen-Interferenz nicht möglich ist, da, wie schon erwähnt, die Bildung neuer Kristallarten erst ab 5%, der Abbau sogar erst ab ca. 20 % röntgenometrisch nachweisbar wird. Es ist mit obigen Feststellungen also immerhin noch nicht bewiesen, daß sich in der anorganischen Knochensubstanz im Zusammenhang mit der Knochenerkrankung etwa gar keine Veränderung abgespielt hätten. Aus einem solchen Befund folgt vielmehr lediglich, daß Veränderungen der Knochensubstanz bei den Kristallen vom Apatittypus "entweder nur eine Minderheit von solchen betreffend oder aber bei allgemeiner Verbreitung ein zu geringes Ausmaß annehmend, die oben umschriebenen Grenzen nicht überschritten haben." (Brandenberger und Schinz, 1945). Die Erwartung, daß man durch obiges Verfahren eine Änderung der kristallinen Konfigurationen mittels der Röntgen- und Elektroneninterferenz erkennen könne, hat sich wenigstens bei dem heutigen Stand der Röntgenographie nicht als geeignetes Mittel erwiesen. Es erscheint daher auch nicht möglich, bei dem Resultat der umfangreichen Untersuchungen

am gesunden und pathologischen Knochen, hieran etwa die Erwartung zu knüpfen, daß sich bei im Erdreich liegenden Knochen im Laufe der Zeit eine Änderung der kristallinen Konfiguration vollzieht oder meßbar gemacht werden kann, um dadurch etwa eine Datierung von Knochenfunden unbekannter Herkunft möglich zu machen. Unsere orientierenden Untersuchungen mit der Drehkristallmethode am Siemens Kristalloflex II (Priv.-Doz.Dr.med.Gg.Schmidt) haben stets die gleichen Interferenzlinien bei frischen und alten Knochen ergeben. Es wurden ganze Knochenbälkchen von weniger als 0,5 mm $\varnothing$ in den Strahlengang gebracht.

2. Röntgenaufnahmen.

Es wurden von den proximalen Teilen der Oberschenkel (bei gleicher Lage und Röntgentechnik) Aufnahmen gemacht, um auf diese Weise evtl. Strukturveränderungen zu beobachten, die Hinweise auf Liegezeitdatierungen und Lebensalterbestimmung ermöglichten +).

Siehe Anhang, Tabelle IX.

Zusammenfassend ergibt sich bei der Betrachtung der Ergebnisse zunächst einmal, daß die Beurteilung der einzelnen Knochenbilder erheblich exakter zu sein scheint, als die Feststellungen nach irgend einer anderen Methode. Und zwar hinsichtlich aller Veränderungen am Schenkelkopf, Schenkelhals, Femurdiaphyse, Trochanter und Corticalis. Aber auch hier ergibt sich leider ein oft weitgehender Unterschied sowohl bei gleicher Liegezeit und gleichem Todesalter. Auffallend ist auch, daß die einzelnen Teile des Femurs beim gleichen Objekt gegen

+) Ich danke besonders Herrn Dr.med.J. Horvath, Fürth/Bay., für die Auswertung der Röntgenaufnahmen und ihre kritische Würdigung.

den Verfall außerordentlich verschieden reagieren.
Erscheinungen, die schwer zu erklären sind, vielleicht eine Folge von krankhaften Veränderungen bereits zu Lebzeiten, vielleicht auch bedingt durch die verschiedene Art und Lagerung der verwesenden Teile. Sowohl nach der Liegezeit wie auch nach dem Lebensalter geordnet, reichen die feststellbaren Unterschiede nicht aus, sie etwa in ein absolut brauchbares Schema für die Bestimmung der Liegezeit unbekannter Knochen aufzunehmen. Die oft festzustellenden Ansätze lassen uns bei dem Versuch der Eingliederung anderer Fälle immer wieder völlig im Stich.
- Ein Zusammenhang zwischen Lebensalter und Liegezeit einerseits, und den einzelnen Lebensaltern wie den einzelnen Liegezeiten andererseits kann auf Grund der Röntgenaufnahmen und ihrer Auswertung daher nicht festgestellt werden.

3. Untersuchungen mit Fluoreszein, Tinte und Tusche.

Fluoreszein wird bereits seit langem (jetzt durch modernere Verfahren abgelöst) zur Kreislaufzeitbestimmung bei peripheren Durchblutungsstörungen verwendet. Es sollte einmal in einem Nebenversuch überprüft werden, ob evtl. die Durchdringungsgeschwindigkeit von Fluoreszein durch Knochen eine Liegezeitbestimmung ermöglicht.

Technik: 2 Kompaktastücke von ca. 6 cm Länge wurden aufrecht für 24 Stunden in ein etwa 2 ccm hoch mit Fluoreszeinlösung gefülltes Gefäß gebracht. Die Liegezeit dieser beiden Kompaktaknochen lag etwa 25 Jahre auseinander. Von diesen so behandelten Knochen wurden anschließend zwei etwa 1/2 ccm dicke Scheiben abgesägt.

Hier zeigte es sich, daß beide Schnitte und auch der Rest der Diaphyse praktisch gleich stark fluoreszierten, so daß sich mit dieser Versuchsanordnung eine Liegezeitbestimmung nicht durchführen läßt. Auffallend war die Beobachtung, daß das Gebiet der Generallamellen und der Innensaum wesentlich stärker fluoreszierte, als

die Osteone im Mittelstreifen.

Bei einem völlig intakten Femurkopf der ebensolange (24 Std.) in Fluoreszein lag, zeigte sich ein ganz schmaler Fluoreszeinstreifen im Inneren unter der Corticalis des Kopfes, der dahin gewertet werden kann, daß eine Materialeinwanderung aus dem umgebenden Milieu in den Knochen möglich ist.

Weitere Färbeversuche wurden mit Tinte und Tusche angestellt. In den Diaphysenkanal in Richtung Femurkopf wurden die Flüssigkeiten eingeführt, die aber fast ohne Widerstand die Knochen passierten. Austritt etwa am Schenkelhals kurz unter dem Kopf. Nach Öffnung durch Aufsagen des proximalen Teiles des Oberschenkels ergab es sich, daß der Tintenversuch eine intensivere Blaufärbung (stärkere Konzentration) ergab, als der von Tusche.

Ein verwertbares Resultat brachten diese Versuche nicht. Um einmal zu beobachten, wie rasch noch geschlossene Teile des Oberschenkelknochens durchfärbten, wurden 3 Oberschenkel (proximal) in eine Tintenlösung ca. 10 cm tief eingelegt. Nach 48 Stunden und einer Trocknungszeit bei 60° zeigten sich die Längsschnitte besonders im Gesamtbereich der Spongiosa gut angefärbt. Eine zwingende Beweiskraft für eine evtl. Materialdurchwanderung kommt diesen Versuchen nicht zu, da die Flüssigkeit, wie bereits beschrieben, hier umgekehrt, in die durch den Verwitterungsprozess bereits gebildeten "Poren" (Gefäßkanäle) eingedrungen sein dürfte.

4. Beurteilung weiterer Methoden.

Berg und Specht haben erstmalig in Erwägung gezogen, die Anwendung von Ultraschall auf dem Gebiet der Knochenprüfung zu verwerten. Sokoloff hatte bereits 1929 ge-

funden, daß Stoffe mit inneren Fehlstellen (Sprün-
gen, Rissen usw.) eine wesentlich schlechtere Schall-
durchlässigkeit zeigen als vollkommen homogene Materia-
lien. Die hochfrequenten Ultraschallschwingungen durch-
setzen als periodische Dichteschwankungen das betreffen-
de Material, wobei sich Inhomogenitäten usw. als Stö-
rungen der Schalleitung bemerkbar machen.

Taylor, Newell und Karvounis (1961) vom St.Georg's
Hospital in London verwendeten den Ultraschall zur
Diagnose raumfordernder intrakranieller Prozesse.

Berg und Specht schrieben u.a.: " Es ist also durchaus
ersichtlich, daß auch mittels des Echolotes bzw. des
Ultraschalles gewisse Schlüsse auf die Liegezeit eines
Knochens geschlossen werden können."

Die interessante von Berg und Specht ausgearbeitete
Methode arbeitet nach dem Impuls-Echoverfahren."Es
wurden aus dem oberen Drittel der Femurdiaphyse Kno-
chentafeln entnommen, die einerseits eine möglichst
glatte, ebene Oberfläche haben müssen, andererseits
mußte die Dicke der Knochentafeln so groß wie möglich
gewählt werden. Sie darf 3-5 mm nicht unterschreiten,
weil sonst die Meßergebnisse unzuverlässig werden. Die
Wahl der günstigen Schallfrequenz richtet sich in erster
Linie nach der Struktur des Prüflings. Die Schallwellen
hoher Frequenz d.h. kleiner Schallwellenlänge, werden
in einem groben Gefüge sehr stark gestreut, sie können
daher nur in geringe Tiefen eindringen, was zu ver-
schiedensten Fehlerquellen führt."

Ein kurzer US-Impuls wird in den Prüfling geschickt (Sen-
deimpuls) und die Zeit bis zum Auftreten des Rückwand-
echos auf dem Schirm einer Braun'schen Röhre sichtbar
gemacht. (Bei gleichzeitigem Aufleuchten einer geeich-
ten Skala.) Aus der Abnahme der Zahl des Rückwande-
chos, der Kürzung der Echoamplituden und nicht zuletzt der
Unschärfe der Echozacke wird der Grad der Dämpfung er-
sichtlich. Aus diesen Faktoren lassen sich dann Rück-

schlüsse auf die Liegezeit eines Knochens folgern.

Es ergeben sich aus der Dicke des zu prüfenden Knochens, dem Abstand der Impulsaufzeichnungen, der Laufgeschwindigkeit des Eichstrahles der V_L Wert = Schalleitungsgeschwindigkeit. Die V_L Werte sollen nun in einem bestimmten Verhältnis zur Liegezeit eines Knochens stehen.

Als Beispiel geben Berg und Specht an: "Bei einer Knochendicke von 5,1 mm, einem Abstand von 2cm der Impulsaufzeichnungen, multipliziert mit 6000 (Laufgeschwindigkeit für den Eichstrahl) errechnete sich folgende Ultraschallgeschwindigkeit für den Prüfling:

$$V_L = \frac{5,1}{28} \cdot 6000 = 1535 \text{ m/sec}$$

Berg und Specht stellten bei der Beurteilung der V_L Werte fest: " Betrachtet man die Werte der ersten 60 Jahre, so ergibt sich zwar, daß frische Knochen stets deutlich höhere V_L Werte zeigten als das länger liegende Material; bei eindeutigem Absinken der Mittelwerte auch in den ersten Jahrzehnten p.m. kommt man aber doch zu dem Schluß, daß die Streuung der Werte im einzelnen eine Unterscheidung z.B. zwischen 10- und 50-jährigen Knochen nicht regelmäßig zulassen wird. Nach den bisherigen, freilich noch wenig umfangreichen Meßergebnissen kann man aber immerhin sagen, daß V_L Werte unter 2100 m/sec bei Knochen des ersten postmortalen Dezenniums noch nicht vorkommen, solche unter 1700 m/sec noch nicht innerhalb der ersten 50 Jahre. Andererseits wurden Werte über 2300 m/sec nicht mehr nach Ablauf der ersten 10 Jahre, solche über 2100 nicht mehr nach 50 Jahren erreicht. - Danach könnte z.B. ein fraglicher Knochen mit einer V_L von 1850 m/sec keinesfalls jünger als 10 Jahre, wohl aber noch älter als 50 Jahre sein. Ein solcher von z.B. 2200 m/sec könnte jedenfalls jünger als 10 Jahre, aber ausnahmsweise auch noch bis 50 Jahre Liegezeit aufweisen.

Eine V_L von 1600 m/sec endlich bewiese ein Alter über 50 Jahren."

Allein diese Feststellungen zeigen die Problematik der Untersuchungsmethode für forensische Zwecke auf.

Interessant ist übrigens ein Versuch von Berg und Specht, die in einen alten porösen Knochen (V_L 868 m/sec) ungewungen Öl infundieren ließen. Sie erreichten dadurch ein Ansteigen des V_L Wertes auf 3600 m/sec. Wenn man (wie aus Tabelle 1 ersichtlich) die noch nicht abgeschlossene Fettauswanderung bzw. Fettwachsbildung berücksichtigt, ergeben sich weitere mögliche Ungenauigkeiten der Liegezeitberechnung.

Weitere Möglichkeiten einer Fehlerquelle sind dadurch gegeben, daß die Zersatzerscheinung - wie die Röntgenbefunde ergeben haben - an einem Knochen verschieden stark auftreten können. In einer weiteren Arbeit schalteten Specht und Berg diese Fehlerquelle weitgehend aus, indem sie zwischen 12 und 17 Ultraschallmessungen an Knochenscheiben aus dem gesamten Diaphysenbereich vornahmen. Bezüglich der V_L Werte ergaben sich "recht befriedigend übereinstimmende Longitudinalgeschwindigkeiten der Diaphysenmitte (Knochentafeln 4 - 12)."

Wenn auch das Ultraschall-Verfahren keine exakte Liegezeitbestimmung von Knochenfunden gestattet, bedeutet es doch - unter Hinzuziehung anderer Kriterien - eine wesentliche Bereicherung des Gesamtproblems.

Die Radiocarbonmethode

Sie hat zum Ziel, aus dem Verhalten von C 14 in den organischen Substanzen der Knochen die Zeitlänge zu erfassen, die seit dem Tode des betreffenden Individuums vergangen ist.

In diesem Zusammenhang schreiben Berg und Specht: "Wenn auch naturgemäß die Wahrscheinlichkeit umfangreicherer postmortalen Umsetzungen mit der Länge der Liegezeit

steigt, so wird sich doch voraussichtlich aus Einzelkriterien das Dekompositionsgrades keine allgemein gültige Beziehung zwischen der organischen Substanz und dem Alter von Knochen finden lassen, sieht man von der Radiocarbon-Methode, der einzigen Möglichkeit ab, die an sich geeignet ist, aus der Bestimmung von C 14 : C 12 Verhältnisses in der organischen Substanz die absolute Länge der Zeit zu erfassen, die seit dem Tode des Individuums vergangen ist. Der Anwendung dieser Methode auf Objekte mit geringer Alterung scheint indessen vorerst noch die zu hohe Fehlergrenze entgegen zu stehen."

Der Kohlenstoff wird durch Assimilation bzw. Nahrungsaufnahme in die Organismen eingebaut. Diese Vorgänge hören beim Absterben des Individuums auf. Es erfolgt nunmehr ein durch die Halbwertszeit gegebener kontinuierlicher meßbarer Zerfall des C 14. Hieraus läßt sich dann eine Liegezeitdatierung errechnen.

In der Atmosphäre befindet sich der Kohlenstoff als CO₂. Dieser Kohlenstoff enthält neben dem normalen C 12 einen gewissen festen Prozentsatz an C 14. C 14 ist ein radioaktives Isotop des Kohlenstoffes und zerfällt mit einer Halbwertszeit von 5568 Jahren. Hinzu kommt, daß der C 14 Gehalt im Boden - das heißt in abgestorbenen Organismen - sich praktisch nicht ändern kann, da er um Zehnerpotenzen geringer als in der Atmosphäre ist, und eine Nachlieferung in das Knochenmaterial daher nicht erfolgt. Die Gesamtvorgänge sind sehr kompliziert. Nebenher läuft nämlich, wenn auch in viel geringerem Maße, eine andere Reaktion ab, bei der das von Neutronen getroffene Stickstoffatom in ein C 12 und ein Tritiumatom zerfällt. In diesem Zusammenhang interessiert uns aber das C 14. Wie genaue Messungen ergeben haben, hat sich der C 14 Gehalt der Atmosphäre nicht verändert. Hieraus kann gefolgert werden, daß z.B. lebendes Holz (Libby) zu allen Zeiten die Möglichkeit hatte, den gleichen Prozentsatz an C 14 aufzunehmen. Da beim Zerfall von C 14 Beta-Strahlung

entsteht und deren Durchdringungskraft schwach ist, kann die Radioaktivität durch Anlegen eines Geigerzählers nicht gemessen werden. Hinzu kommt, daß noch andere aktive Substanzen vorhanden sein können, die falsche Resultate ergeben würden. Um diese Fehler auszuschalten, verascht man das Material, um den Kohlenstoff 14 zu isolieren. Bei der Verbrennung sondert sich der Kohlenstoff gasförmig ab, anschließend wird er durch Magnesium reduziert, um auf diese Weise reinen Kohlenstoff in fester Form zu bekommen. Dieser wird dann fein auf eine Röhre aufgetragen und in einen Geigerzähler eingeführt. Will man z.B. Holz oder gar Leinen analysiert, braucht man um die nötige Menge Kohlenstoff 14 zu erhalten, mindestens 200 g , bei Knochen liegt das benötigte Ausgangsmaterial noch erheblich höher.

Eine nicht zu unterschätzende Fehlerquelle kommt dadurch zustande, daß ein empfindlicher Geigerzähler auch Ticklaute vernehmen läßt, die gar nicht von in der Nähe befindlichen radioaktiven Körpern verursacht werden. Hier sei nur an die kosmische Strahlung erinnert. Diese Momente auszuschalten, ist bisher noch nicht ganz geglückt.

Die bis heute entwickelte Technik macht leider die Datierung einer weniger als 100 Jahre alten Probe - wie sie für die forensische Medizin ja gerade notwendig ist, - vorerst noch nicht möglich , v.a. weil das erreichte Lebensalter im Augenblick des Absterbens bei geringen Zeitläufen eine ganz ungleich höhere Rolle spielt, als z.B. bei fossilen Funden.

E. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

Es wurde versucht nach evtl. neuen Methoden und Merkmalen die Möglichkeit einer genaueren Liegezeitbestimmung zu finden. Was die vorliegenden Beobachtungen von anderen auf diesem Gebiet erschienenen Arbeiten unterscheidet, ist der Umstand, daß hier von zwei tabellenförmig zusammengestellten Knochenschnittserien ausgegangen wurde, von

denen die eine nach dem bekannten Lebensalter, die andere nach der ebenfalls genau bekannten Liegezeit geordnet war. Nach beiden Richtungen waren also Fehler oder Schätzungen ausgeschlossen.

Für alle Untersuchungen wurde um ein gleichwertiges Ausgangsmaterial zu haben, der proximale Teil des Oberschenkels verwendet.

Dieses Verfahren hat naturgemäß auch seine Nachteile, da gerade in der forensischen Osteologie dieser Skeletteil oft nicht zur Verfügung steht und die hieran gewonnenen Erfahrungen sich nicht oder nur in seltenen Fällen einfach übertragen lassen.

Außerdem wurde das Lebensalter des betreffenden Individuums mehr als in anderen Arbeiten berücksichtigt.

Zuerst fand eine Auswertung nach morphologisch-makroskopischen Gesichtspunkten statt.

Bereits hier zeigte sich, daß sowohl bei den nach Liegezeit wie auch nach Lebensalter geordneten Knochen keine lineare Progredienz im Sinne eines Verfalles der Knochen mit längerer Liegezeit erkennbar waren.

Bei der Überprüfung des Schaftknochens (Querschnitt) und der Längsschnitte durch den Oberschenkelkopf konnten durch Beobachtungen der UV-Fluoreszenz die von Neckermann und später auch von Berg und Specht gemachten Beobachtungen z.T. bestätigt werden. Allerdings treten so viele Unregelmäßigkeiten auf, daß die Befunde nur mit größter Vorsicht und auch nur in Verbindung mit anderen Kriterien herangezogen werden können.

Der Farbstoff Amidoschwarz wurde soweit dies aus der Literatur ersichtlich ist, erstmalig für die Zwecke einer Liegezeitbestimmung herangezogen. Bereits bei dem ersten Versuch mit einer schwächeren Lösung zeigte sich, daß bei dieser Fettfärbung keineswegs die jüngeren Kompakta-

sägeschnitte gegenüber den länger im Erdreich gelagerten Knochen sich intensiver einfärbten. Ein ähnliches Bild - bloß kräftiger in der Farbtönung - boten die mit einer stärkeren Lösung angefärbten Knochen. Auch dieses Verfahren kann nur als zusätzliche Beurteilung mit herangezogen werden.

Wie bereits Thea Spiegel, die mit Hilfe der Ninhydrinfärbung die Länge der Liegezeit erfassen wollte, kam auch ich zu keinem positiven Ergebnis. Die Befunde waren auf Grund der unregelmäßigen Farbnuancierungen so uneinheitlich, daß sie nur einen groben Hinweis auf den Grad des Alterungsprozesses und damit auf eine evtl. Länge der Liegezeit gestatten.

Die mikroskopische Auswertung des Materials wurde zuerst mit Haematoxylin-Sudan durchgeführt. Das Resultat war auch hier wenig überzeugend, da die Struktur bei dem zur Verfügung stehenden Material (längste Liegezeit 49 Jahre) sehr einheitlich war. Dasselbe gilt auch sinngemäß für die Haematoxylin-Eosin-Färbung.

Um dem Problem näher zu kommen, wurden die bereits auf Anregung durch E. Weinig von Koslowski durchgeführten Beobachtungen im polarisierten Licht nochmals, aber diesmal an einem genau datierten Material wiederholt. Die Methode wurde etwas variiert um die Möglichkeit einer evtl. Fehlerquelle auszuschließen.

Koslowski hatte beobachtet, daß bereits nach 25 - 30-jähriger Liegezeit Isotropieerscheinungen auftreten, die mit ca. 100 Jahren ihren Abschluß finden. Im Gegensatz hierzu gingen meine Beobachtungen dahin, daß die Anisotropie regelmäßig bis ca. 50 Jahre erhalten bleibt, was eine Einschränkung des Wertes dieser Beobachtungsmethode bedeutet.

Stickstoffbestimmungen nach Kjeldahl und die Fettmengenbestimmung im Soxhlet-Gerät lassen kaum Aussicht dem angeschnittenen Problem näher zu kommen.

Die Röntgenspektrographie versagte schon aus rein theoretischen Erwägungen. Es zeigte sich bei Untersuchungen von Schinz und Brandenberger, daß selbst schwerste Knochenerkrankungen keine strukturelle Veränderung der kristallinen Konfiguration von Atomen mit sich bringen. Auch durch Lagerung im Erdreich dürfte daher keine signifikante Strukturveränderung des Apatittypus eintreten.

Es wurde weiter der Versuch unternommen auf röntgenologischem Wege evtl. eine Lösung zu finden. Die proximalen Teile des Oberschenkels wurden überprüft. Dabei erwies sich aber, daß die feststellbaren Unterschiede nicht ausreichen, um ein wirklich brauchbares Schema aufzustellen. Auffallend ist, daß die einzelnen Teile des Femurs beim gleichen Objekt gegen den Verfall außerordentlich verschieden reagieren.

Die mit Fluoreszein, Tusche und Tinte durchgeführten Beobachtungen am proximalen Teil des Oberschenkels brachten keine verwertbaren Resultate.

Eine neue Methode von Berg und Specht mit Hilfe des Ultraschalles die Liegezeit eines Knochens zu bestimmen, leitet sich nach Beobachtungen mit dem Echoskop aus der bei zunehmender Liegezeit kontinuierlich sinkenden Longitudinalgeschwindigkeit (V_L) des Knochenmaterials ab.

Abgesehen jedoch davon, daß gerade um die "kritische Zeit" zwischen dem zweiten und fünften Jahrzehnt sich überall fast gleiche V_L -Werte ergeben, sei darauf hingewiesen - wie die röntgenologische Auswertung ergab - daß bei dem gleichen Objekt oft sehr verschiedene Veränderungen auftreten. Offenbar ist es notwendig, die V_L -Bestimmung an verschiedenen Teilen des Knochens durchzuführen um den Mittelwert dann als Beurteilung der Liegezeitbestimmung zu verwenden.

Die Radiocarbonmethode, von der Specht und Berg annehmen, daß sie bei Verfeinerung der Technik einmal in der Lage sei, das angeschnittene Problem zu lösen, arbeitet mit

Ungenauigkeit, sodaß erst später einmal Methoden, die auf der Auswertung von exakteren Halbwertszeitbestimmungen beruhen, Wege zur Lösung dieses Problemcs weisen dürften.

Bei kritischer Betrachtung aller Verfahren zeigt sich, daß bei dem heutigen Stand der Wissenschaft eine Methode der Wahl nicht vorhanden ist. Nur durch eine Vielzahl von Kriterien läßt sich bei vorsichtiger Beurteilung eine ungefähre Liegezeitdatierung ermöglichen, wobei das Lebensalter eine Bedeutung hat.

Tabelle I

Fettwachs - Bildung in 7 v. 21 Oberschenkelknochen

Nummer:	Liegezeit:	Lebensalter:	Fett bzw. Fettwachs-bildung:
10)	18 Jahre	83 Jahre	Fettwachs-bildung im Schaft, Fett im Trochanter major.
13)	19 "	37 "	Fettwachs im Schaft und Gesamtbereich des proximalen Teiles des Oberschenkels (z.T. noch im Durchtränkungsstadium).
2)	22 "	37 "	Fettwachs-bildung im gesamten Teil des Oberschenkels (z.T. noch im Durchtränkungsstadium)
6)	23 "	44 1/2 Jahre	Fettwachs im Schaft und auch im proximalen Teil des Oberschenkels (gering).
20)	24 "	74 Jahre	Fettwachs im Schaft und proximalen Teil des Oberschenkels
9)	30 "	65 "	Fettwachs im Schaft und gelegentlich im proximalen Teil des Oberschenkels.
8)	33 "	25 "	Fettwachs im gesamten Bereich des Oberschenkels (z.T. noch im Durchtränkungsstadium)

Tabelle II

Makroskopische Auswertung der Tafeln 1 u. 2

Nr.	Liegezeit in Jahren:	Lebensalter-Herkunft:	Grabtiefe:	Hodenart:	Periost-Oberfläche:	Aussehen der Knochen-Schnittfl.:	Erhaltungszustand:
1)	?	Institut	?	?	hell, rauh	Compacta aussen weißlich mit dkl. ringförmigen Schattierungen, die nach innen gelb werden.	gut
2)	?	"	?	?	mittel, braun, rauh	Compacta weißlich grau, aussen m. dunkel gefärbtem Ring, innen ebenso, jedoch sehr schmal!	"
3)	?	"	?	?	" " "	ähnlich wie "	"
4)	18	Friedhof	1,50	Sand	m.braun, rauh	Compacta breit dunkel verfärbt, innen hellbraun weißl. stark porös	schlecht
5)	17	"	"	"	br.-grau rauh	Compacta m. sehr schmalen gr. Rand, sonst weißl. wenig schattiert	gut
6)	54	"	"	lehm.Sand	hell br.-gr. rauh	Compacta m. ca. 1 mm stark, nach innen dunkel abgegrenzten helleren Rand, im inneren Teil dunkel schattiert	"
7)	1	"	"	Sand	schw.br.wenig rauh	Compacta mit sehr schmalen dkl. Rand, sonst ziemlich gleichm. weißl.gefärbt	"
8)	64	"	"	"	m.braun, rauh	Comp. fast ohne Rand, gleichm. hell gefärbt	"
9)	17	"	"	"	"	Comp. aussen fast ohne Rand, tlws. innen, sonst gleichm. gefärbt	gut
10)	411	"	"	lehm.Sand	"	Comp. kein Rand, wenig punkt- u. strichartig verfärbt	leicht
11)	71	"	"	lehm.Sand	"	Comp. etwas stärker verfärbt	schlecht
12)	71	"	"	br.-hellbraun	rauh	Comp. porös u. völlig verfärbt	schlecht
13)	71	"	"	Sand, lehm	dkl. gefasert	Comp. ohne Rand, durchw. verfärbt	leicht
14)	71	"	"	Sand	gr.br. rauh	" " fleckig, porös	z. schlecht
15)	71	"	"	br.schw.borkig	"	" " gleichm.dkl.grau verfärbt	leicht
16)	59	"	"	gr.br. rauh	"	" mit deutlichem Rand u. grauer Mittellinie i Ganzen leicht verfärbt	"
17)	68	"	"	"	m.br.wen.rauh	Comp. ohne Rand mit einz. grauen schw. zieml. gut Flecken, sonst nur leicht verfärbt	gut
18)	65	"	"	lehm.Sand	m.br. rauh	Comp.mit sehr schmalen Rand, auch innen, sonst gleichm. gefärbt	gut
19)	31	"	"	Sand	"	Comp. m. etw. breiterem äußeren und Rand, sonst auffallend weiß gefärbt	sehr gut
20)	31	"	"	"	gr. "		
21)	38	"	"	Sand	"		
22)	38	"	"	m.br. rauh	"		

Fortsetzung: Makroskopische Auswertung der Tafeln I und 2 - **Tabelle II**

Nr.: Liegezeit in Jahren: Grabtiefe : Herkunft: Bodenart: Periost:Oberfläche: Aussehen der Knochen-Schnittfl.: Erhaltungszustand:

15)	34	16	1.80	Friedhof	Sand	m.braun, sehr rau	Compacta ohne Rand, i.g. leicht verfärbt rötlichgrau, porös	schlecht
1)	49	31	"	"	sehr feucht. Lehm	bräunlich, rau	Comp. fast ohne Rand, gleichmäßig hellgelbl.	sehr gut
19)	40	64	"	"	Sand	m.br. sehr rau	Compacta fast ohne Rand stärker verfärbt	weniger gut
3)	70 ?	70?	"	"	"	h.br.weniger rau	Comp. mit sehr schmalen Rand, wenig wolzig verfärbt, leicht gelblich getönt	gut

Tabelle III - Schaftquerschnitte von Oberschenkeln im UV - Licht

Nr.:	Liegezeit:	Schnitt-Stärke:	Compacta-Außenrand:	Compacta-Mittelfeld:	Innensaum:
22)	1 Jahr	7-10 mm	brauner Saum	sehr dünn schwach violett fluoreszierend 2-3 br.	gelbl. fluor. 3-4 mm
23)	9 Jahre	5-6 mm	" "	" " braun gelblich fluoresc. 5-4 mm	keiner
24)	" "	5-6 mm	" "	2-1 mm violett " ca. 4 mm	hell bräunl. 17 gezackt, ca. 4 mm
10)	18 "	7-12 mm	" "	2-1 mm schw. weisslich " 6-7 mm	schwach braun, sehr schmal
13)	19 "	6-7 mm	" "	ganz dünn violett " ca. 6 mm	ganz braun, sehr schwach,
5)	21 "	10-4 mm	" "	1 mm viol. ungl. wolkig fluoresz. 8-6 mm	sehr schmal braun 1 mm
18)	21 "	10-8 mm	" "	1 1/2 mm viol. fluoresz. 9-6 mm	braun, schmal
17)	1 "	10-6 mm	tlw. erhalten braun 1 1/2 mm	ungleich violett fluoresz. 9-6 mm	nicht vorhanden
17)	1 "	6 1/2-4 mm	sehr dünn	ungleich violett fluoresz. 5-6	braun, nur gel. erhalten
6)	13 "	8-6 mm	braun	1/2 mm violett fluoresz. 7 mm	tiefbraun
7)	13 "	7-1 mm	" "	1/2 mm hellviolett fluoresz. u. dkl. ar. 6-7 mm	gel. braun, schmal
11)	23 1	5-2 mm	" "	gel. 1/2 mm schwach violett fluoresz. " 4-2 mm	dunkelbraun 1 1/2 mm
16)	24 "	9-5 mm	schwach braun	sehr dünn nur gel. violett fluoresz. 8-5 mm	bräunlich 1 1/2 mm
1)	24 "	6-3 mm	" "	gel. dkl. violett m. dkl. ar. 5-3 mm	keiner
4)	6 "	7-3 mm	" "	" " " 6-3 mm	hellbraun schmal
16)	26 "	3-5 mm	schwach hellbraun	" " bänderartig, h. u. dkl. viol. 8-5 mm	" sehr schmal
9)	30 "	10-8 mm	schmal braun	" " violett fluor. nach innen 5 1/2-8 mm	hellbraun schmal
8)	31 "	5-10 mm	" "	" " wolkenart. viol. fluor. 4-9 mm	braun bis 1 mm
11)	34 "	7-5 mm	schwarz	1 1/2 mm violett mit einigen dkl. Feldern 4-9 mm	hellbraun, gezackt, schmal
14)	34 "	8-6	hellbraun	bis 1 mm hell, darunter dunkel violette Felfderung	braun, gezackt
15)	34 "	1 1/2 - 1 mm	bräunlich	ca. 1 mm von violett ins bräunl. genende fluoresz. 4-6 mm	tlw. braun, schmal
1)	41 "	10-5 mm	hellbraun	leicht fluor. 1 mm violett, hell-dunkel fluoresz. 8-9 mm	braun, schwach, schmal angedeutet
19)	41 "	6-3 mm	hellbraun	bis 1 mm wolkenartig violett fluoresz. 5-7 mm	braun, schmal

Tabelle IV - Longitudinalschnitte durch den proximalen Teil des Oberschenkelknochens

Nr.: Liegezeit in Jahren:		Compacta:	Aussenrand:	Innensaum:	
10)	18	schwach oder wenig viol. fluoresz. dkl. Felder	angedeutet braun	bräunl. n. tlws. sichtbar	caput femoris: im Zentrum leicht viol. fluoresz.
13)	19	schw. b. dkl. viol. fluoresz.	braun	bräunlich	wie vorst.
5)	21	wie vorst.	braun	"	punktförm. viol. fluoresz. fluoresz.
18)	21	" "	dunkelbraun	"	vereinz. auch im collum n. stellenw. schw.
17)	21	" "	ganz schwach braun	"	nur stellenw. g. schw. fluoresz.
6)	23	weiß b. schwach viol. fluoresz.	" " "	"	wie vorst.
7)	23	weiß, streifenförm. violett fluoresz.	" " "	"	an einer kl. Stelle viol. fluoresz.
14)	23	an wenigen Stellen ganz schw. viol. fl.	schwach braun	braun	schwach diffus weißl. fluoresz.
20)	24	schwach weiß, selten fluoresz.	" " "	"	wie vorst.
21)	24	nur schw. weißl. b. viol. fluoresz.	" " "	"	nur an einigen Stellen weißl. - viol. fluoresz.
4)	26	weiß b. violett schw. fluoresz., wenig etw. dunkler	" " "	"	ganz schw. weiß b. viol. fluoresz.
16)	26	schw. weißl./viol. fluor. braun	braun	"	wie vorst.
9)	30	vollenartig v. weiß ins schw.-braun viol. gel. fluor	schw.-braun	schwach braun	sehr schw. weiß/viol. fluoresz. Sonstiosc.
8)	33	schw. schw. v. weißl. bis viol. fluor.	schwach-braun	"	
11)	34	wolzig viol. fluoresz. dkl.	dkl.	"	zentrale fluor.,; auch im Trochanter major
12)	34	" viol.-weißl. fluor. dkl.	dkl.	braun	in einzelnen Feldern, schw. weiß-viol. fluores.
1)	49	schw. weißl./viol. fluor. schwach braun wie. vorst.	schwach braun	bräunl.	schw. weiß-viol. fluoresz. wie vorstehend
19)	49	" " "	" "	"	

Tabelle V - Amidoschwarzfärbung von Compacta-Querschnitten der Oberschenkelknochen, starke Färbung

Nr.	Liegezeit in Jahren:	Sterbealter:	Compacta-Querschnitte:	Mark- u. Endostreste:
2.)	1		mittel-blau schattiert	hellblau u. bräunlich
3.)	9		dkl. blau mit wenigen helleren Schattierungen	dkl. blau u. "
4.)	9		äuss. Rand dkl. blau, nach innen heller	" "
10.)	13	83	mittel-blau, mit dkl. u. hellen Schattierungen	hell und dunkel
12.)	19	37	hell u. dkl. blau, mit hell-blau-weiβ. Einsprengungen	weiss
5.)	21	54	dkl. blau m. helleren Schattierungen	zum grössten Teil braun
18.)	21	33	" " " etwas dunkler	dunkelblau
17.)	21	64	dkl. blau m. helleren Schattierungen	dkl. u. hell blaubräunlich
2.)	22	37	m. blau m. dunkleren u. helleren Schattierungen	weiss. tlw. dunkel unbest. Farbe
6.)	23	44 1/2	dkl. blau mit m. blauen Schattierungen	braun u. bläulich, helle Schattierungen
7.)	23	72	dkl. blau m. wenigen Aufhellungen	dunkel blau braun
14.)	23	72	dkl. blau, stark verwittert	braun
20.)	24	75	ziemlich gleichmässig dunkelblau	weiss m. bläul. Einsprengungen
21.)	24	78	dkl. blau m. 2-3 helleren Punkten, leichte Verw. Erscheinungen	bis bräunlich von hellblau
4.)	26	59	dkl. blau	dunkelbraun
16.)	26	63	" " m. kl. helleren Einspreng.	"
9.)	30	65	" "	weiss und dunkelbraun
22.)	32	75	m. dkl. blau mit m. hellen Schattierungen	weisslich m. dkl. blauen Einsprengungen

Fortsetzung Tabelle V

Nr.	Liegezeit in Jahren:	Sterbealter:	Compacta-Querschnitte	Mark- u. Endostreste;
11)	34	23	hell-dkl.blau schattiert m. kl. ungefärbten Stellen	weiß und dunkelblau
12)	34	38	ziemlich dunkelblau m. helleren Stellen	" " "
15)	34	17	dkl.-blau, nach innen aufgeh., stark verwittert	hell bläulich bräunlich
1)	49	31	ziemlich gleichm. dkl.blau	" " "
19)	49	64	fast gleichm. dkl. blau	braun
3)	70	? 70	m.-dkl.blau, m. helleren Schattierungen	hellblau und braun

Tabelle V a - Amidoschwarzfärbung von Compacta-Querschnitten der
Oberschenkelknochen - schwache Färbung

Nr.:	Liegezeit in Jahren:	Sterbealter:	Compacta-Schnitte:	Mark- und Endostreste:
22)	1		hellblau m. dunkleren Fleckchen	hell u. dkl.
23)	9		mittel blaugrau, in der Mitte heller	" "
24)	9		hell bis mittel blaugrau m. dkl. Streifen	" "
10)	18	83	Rand dunkelblau, nach innen heller, verwittert.	weißlich mit bläulichen Stellen
13)	19	37	m. blaugrau m. zahlreichen helleren Schatt.	nahezu weiß, Endost nach innen braun verf., dunkel bräunlich
5)	21	54	" m. hellen Streifen u. dkl. Rand	dunkel bräunlich
18)	21	23	dkl. blaugrau, zieml. gleichm. gefärbt	dunkel blaubraun
17)	21	64	ziemlich hell blaugrau, am Hd. tlws. stärker aufgehellt	heller bläulich
2)	22	37	hell blaugrau, wolzig m. hellen Stellen	weiß
6)	23	44 1/2	blaugrau, etwas dunkler schatt.	hell m. bläulichem Einschlag
7)	23	78	" wenig "	dunkel
14)	23	72	m. blaugrau m. helleren Stellen, verwittert	tlws. bräunlich
20)	24	74	m. blaugrau teilweise weißl. schattiert	weiß, leicht bläulich
21)	24	78	fast gleich. dunkelblau	dunkelbraun
4)	26	59	m.-dkl. blaugrau	bräunlich
16)	26	68	hell blaugrau m. dunkleren Stellen u. Linien	" , etwas heller
9)	30	65	m. blaugrau, mit dunkleren Stellen, nach innen hellblau	weiß mit dunkelbraunen Resten
8)	33	25	m.-hellblaugrau	weiß mit rötl. u. bläul. Einfärbungen
11)	34	23	fast blau m. hellen Stellen	weiß m. bläulichen Stellen
12)	34	38	sehr dunkelblau m. einigen hellen Stellen	dunkel blau-braun
15)	34	17	dkl. blaugrau, innen heller, verwittert.	hell bläulich, stark porös
1)	49	31	mittelblau schattiert m. hellen Bl.	heller blau-bräunlich
19)	49	64	etwas dunkl. bl. grau, fast gleichm. gef.	heller blau-bräunlich

Tabelle VI - Ninyhydrinfärbung von Compacta-Querschnitten der
Überschenkelknochen

Nr.:	Liegezeit in Jahren:	Sterbealter:	Compacta-Schnitte:	Mark-u. Endostreste:
22)	1		hell bläulich-graugelb, m. dunkl. Schattierungen	hellgelblich
23)	9		stärkere blaugraue Schatten	weißlich gelb
24)	9		etwas dunkler, bläul.-graugelb schattiert	dunkelbraun
10)	18	83	teils dunkelblaugrau, teils weißlich gelbgrau vermitt.	tls. hell, meist dunkel
13)	19	37	hell bläulichgrau m. dunkleren o/artigen	weiblich vor schmalen dkl. Rd.
5)	21	54	graublau mit gelbgrauen Stellen u. dunkleren Linien	teils hell, teils dkl.
18)	21	23	wie vorst.	- " -
17)	21	64	" "	hell gelbl.u.bläul.verfärbt
2)	22	37	etwas heller, auch m. leicht dunkleren Schatten	weiß
6)	23	44 1/2	dunkler verfärbt u. blaugrauen Schattierungen	tls. hell, tls. dunkl.
7)	23	72	eine Kleinigkeit heller mit dunklen Linien	meist dunkler; bräunlich
14)	23	72	ziemlich grau m. bläulichen Färbungen, vermittert	bräunlich
20)	24	74	bläulichgrau m. dkl. blauen Zeichnungen	weiß
21)	24	78	etwas dunkler blau-grau-bräun- lich, stark porös	bräunlich
4)	26	59	noch dunkler m.bl.gr. Schattie- rungen, leicht porös	dunkler bräunlich
16)	26	68	dunkel verfärbt, blaugrau, einige poröse Stellen	dunkelbraun
9)	30	65	ziemlich hell mit wenigen dunkl. Schattierungen	tls. hell, tls. dkl.
8)	33	65	hell graubläulich, m. dunkleren Schatten	weisslich, rottila verfärbt
11)	34	23	ganz hell und nach innen dunkler schattiert, sehr schmal	gut erhalten, durchweg hell weißlich-gelbgrau
12)	34	38	leicht dunkler verfärbt, m. dunkleren und helleren Stellen	fast schwarz
15)	34	17	sehr hell grau m. wenig Blau,	verw. grau, soweit vorhanden

Ninhydrinfärbung von Compacta-Querschnitten der
Oberschenkelknochen

Mr.:	Liegezeit in Jahren:	Sterbealter:	Compacta-Schnitte:	Mark- u. Endostreste:
1)	49	31	heller blaugrau schattiert m. hellgrauem Rand	bräunlich
19)	49	64	mehr grauer, dunkler schattiert	"
3)	70	? 70	graugelblich mit dunkleren mehr blauen Schattierungen	"

Tabelle VII

Anfärbung mit Haematoxylin-Sudan
Präparaten-Mappe Nr. 3 u. 2

Nr.: Liegezeit: Sterbealter: Mikroskopische Schnitte 1 - 24

22)	1 Jahr	?	Havers'sches System, Grundlamellen und Schaltlamellen gut sichtbar.
23)	9 Jahre	?	Normale Struktur
24)	9 "	?	Havers'sche Systeme, Grund- und Schaltlamellen gut erkennbar.
10)	18 "	83 Jahre	Teilweise Vergrößerung des Lumens der Havers'schen Kanäle
13)	37 "	19 "	Havers'sche Systeme, Grund- u. Schaltlamellen gut erkennbar.
5)	21	54	Havers'sche Kanäle, Grund- u. Schaltlamellen gut erkennbar.
18)	21	23	Grund- und Schaltlamellen gut sichtbar, auch Havers'sches System.
17)	21	64	Gesamtstruktur gut sichtbar.
2)	22	37	Gut sichtbare Grund- u. Schaltlamellen, Havers'sche Kanäle gut erkennbar.
6)	23	44 1/2	Beginnende Gesamtstrukturauflösung. Grund- und Schaltlamellen und Havers'sche Kanäle gut erkennbar.
7)	23	78	Gesamtstruktur gut erhalten
14)	23	72	Havers'sche Systeme, Grund- und Schaltlamellen gut sichtbar.
20)	24	74	Grund- und Schaltlamellen und Havers'schen System gut erkennbar.
21)	24	78	Havers'sche Kanäle und Schaltlamellen gut erkennbar.
4)	26	59	Zt. zusammenhanglose Struktur. Havers'sche Systeme in größerer Zahl vorhanden. Auch gelegentlich Schaltlamellen sichtbar.
16)	26	68	Havers'sche Systeme und Schalt- u. Grundlamellen gut ausgeprägt.
9)	30)	65	Havers'sche Systeme und Schalt- u. Grundlamellen gut ausgeprägt.
8)	33	25	Gesamtstruktur gut sichtbar.
11)	34	23	Befund wie oben, Konturen nur etwas schwächer.
12)	34	38	Gelegentliche Lumenvergrößerung der Havers'schen Kanäle. Schaltlamellen etwas schwächer sichtbar.
15)	34	17	schwächer sichtbare Havers'sche Kanäle, Grund u. Schaltlamellen nicht sehr gut erkennbar.
1)	49	31.	Havers'sche Systeme, Schalt- u. Grundlamellen wenn auch etwas schwächer.
19)	48	64	Lamellen undeutlicher als bei vorherigen Befunden, keine Lumenvergrößerung der Havers'schen Kanäle.
3)	70?	ca.70	Vereinzelte Lumenvergrößerung der Havers'schen Kanäle. Lamellen etwas verwischt.

Tabelle VIII

Färbung mit Haematoxylin - Eosin (Entkalkt mit verdünnter Salpetersäure)

Nr.	Legezeit	Sterbealter	
22	1	?	Grundlamellen gut sichtbar. Havers'sche Kanäle und Schaltlamellen vorhanden.
23	9	?	Etwas "verwaschenes" Gesamtbild. Sonst normale Struktur.
24	9	?	Gut erkennbares Gesamtbild.
10	18	83	Teilweise Lumenvergrößerung der Havers'schen Kanäle.
11	37	10	Havers'sche Systeme noch erkennbar.
5	21	53	Havers'sche Kanäle, Grund- und Schaltlamellen noch ganz gut erkennbar.
12	31	?	Havers'sche Systeme gut erkennbar, auch Grund- und Schaltlamellen.
17	32	69	Gut erhaltene Gesamtstruktur.
1	?	37	Gesamtstruktur gut erhalten.
6	33	22 1/2	Gesamtstruktur "verwaschen". Havers'sche Kanäle, Grund- und Schaltlamellen noch erkennbar.
7	23	70	Grundlamellen gut sichtbar. Havers'sches System erhalten.
14	23	71	Havers'sches System und Grundlamellen erhalten, auch Schaltlamellen erhalten.
20	24	74	Gesamtstruktur gut erkennbar.
21	24	48	Havers'sches System gut erkennbar. Keine Grundlamellen (Artifizuell).
4	26	59	z.T. Zusammenhanglosigkeit der Struktur. Havers'sche Systeme gelegentlich vorhanden.
16	26	52	Grundlamellen, Schaltlamellen und Havers'sche Systeme gut erhalten.
9	30	65	Havers'sche Kanäle, Grund- und Schaltlamellen gut erhalten.
8	31	50	Gesamtstruktur gut erhalten.
11	34	53	Grundlamellen schwach ausgeprägt, desgleichen auch die Havers'schen Systeme.
13	34	38	Gesamtstruktur etwas verwaschen. Lumenvergrößerung der Havers'schen Kanäle. Schaltlamellen schwächer sichtbar.
15	34	37	Schwächer sichtbare Havers'sche Kanäle, Grund- und Schaltlamellen.
1	40	31	Eine etwas undeutlichere Struktur. Havers'sche Kanäle, Grund- und Schaltlamellen erkennbar.
19	40	64	Teilweise Lumenvergrößerung der Havers'schen Kanäle. Lamellen nur schlecht erkennbar.
3	ca.70	ca.70	Diffuses Bild. Havers'sche Systeme noch erkennbar.

Tabelle IX Auswertung der Röntgen-Aufnahmen des proximalen Teiles des Oberschenkels

	Nr. 10	Liegezeit	18 Jahre	Lebensalter	83 Jahre	völlig normale Skelettverhältnisse
1)	"	13	"	"	37	An den beiden Schenkelhalsspitzen ist die Balkenstruktur aufgelockert und zeigt beginnenden Zerfall. Der Femurkopf u. Schenkelhals sind glatt begrenzt, Corticalis normalbreit. Das proximale Ende der Femurdiaphyse ist völlig intakt.
2)	"	5	"	"	54	An der äußeren Schenkelhalsspitze beginnende Zerstörung der Balkenstruktur in einem Umkreis von Pfennigstückgröße. Der Femurkopf und der Schenkelhals in der medialen Hälfte zeigen normale Balkenstruktur und normalbreite Corticalis. In der lateralen Corticalis erkennt man schmale längliche Aufhellungen. Auch im Bereich des Trochanter major findet sich ein leichter Zerfall der Balkenstruktur. Das proximale Ende des Femurschaftes ist o.B.
3)	"	18	"	"	23	Der Schenkelkopf, der Schenkelhals bis zum Trochanter minor ist etwas porös, die Balkenstruktur ist aufgelockert, an der inneren Schenkelhalsspitze um in dieser Höhe im Bereich des Schenkelkopfes beginnender Zerfall, die Corticalis in der Nähe der inneren Schenkelhalsspitze ist aufgespalten und zerfallen. Das proximale Ende der Femurdiaphyse ist o.B.
4)	"	17	"	"	64	Geringgradige Auflockerung der Balkenstruktur im Bereiche der Trochanter major, sonst normale Skelettverhältnisse.
5)	"	2	"	"	37	Deutliche Knochenatrophie. Auflockerung der Balkenstruktur und z.T. beginnender Zerfall in Nähe der Schenkelhalsspitze und im Trochanter major Corticalis gut erhalten. Die Balkenstruktur am proximalen Femurdiaphysende verwachsen.
6)	"	16	"	"	68	Kleinhirnförmiger Zerfall im Trochanter major und minor, die Corticalis im Bereich des Trochanter major und minor zeigt flache Konturdefekte bzw. Zerstörungen. Der Femurkopf ist o.B. Im Bereich des Schenkelhalses beginnender Knochenzerfall. Das proximale Ende der Femurdiaphyse ist o.B.
7)	"	9	"	"	65	Mehrere stecknadelkopfgroße Aufhellungen im Trochanter major, sonst dem Alter entsprechend normale Skelettverhältnisse

Nr.	8	Liegezeit	33 Jahre	Lebensalter	25 Jahre	
15)	"	11	"	34	"	23
16)	"	"	"	"	"	"
17)	"	12	"	34	"	38
18)	"	15	"	34	"	17
19)	"	1	"	49	"	31
20)	"	19	"	49	"	64
21)	"	3	"	70	"	70

Leichte Aufhellung des Trochanter major mit Verlust der Corticalis in der oberen Hälfte des Trochanter major. Sonst normale Skelettverhältnisse.

Stärkerer Zerfall im Bereich des Trochanter major, in der Corticalis des Trochanter major sind bereits kleine Defekte zu erkennen. Im Femurkopf und Schenkelhals Bälkchenstruktur leicht aufgelockert, während die Bälkchenstruktur am proximalen Ende der Femurdiaphyse eine verwaschene Struktur zeigt; hier ist die Corticalis gut erhalten.

Völlig normale Skelettverhältnisse

beginnender Zerfall am Condylus medialis. Die Gelenkfläche intakt; Bälkchenstruktur verwaschen u. auffallend zart. Die Corticalis ist stark ver-schmälert.

Völlig normale Skelettverhältnisse.

Stärkere Aufhellung an der medialen Schenkelhals-spitze, sonst Femurkopf und Schenkelhals intakt. Beginnender Zerfall im Bereich des Trochanter major u. minor u. im Bereich der Intertrochanter.

Beginnender Zerfall an der Basis des Trochanter major und am lateralen unteren Ilnn des Trochanter major ist die Corticalis zerstört. Sonst normale Skelettverhältnisse.

Literaturnachweis.

1. Abderhalden, E.: Lehrbuch der physiologischen Chemie
8. Aufl. 41, Verlag Urban u. Schwarzen-
berg, Berlin, Wien.
2. Arnold, J.-R. and W-F Libby: Radiocarbon Dates.
Science, vol 113, n. 2927 (1951),
pp. 111-120
3. Bargmann, W.: Histologie und mikroskopische Anato-
mie des Menschen, 1948,
Verlag Thime, Stuttgart.
4. Bargmann W.: Histologie und mikroskopische Anato-
mie des Menschen, 1959, S. 231, 149
gleicher Verlag.
5. Berg, S. u. Specht W.: Untersuchungen zur Bestimmung der
Liegezeit von Skeletteilen.
Deutsche Zeitschrift für die ges.
gerichtl. Medizin, Bd. 47 (1958)
S. 209-241, Springer-Verlag, Berlin,
Göttingen, Heidelberg.
6. Beumer: Die Unterscheidung von Mensch- und
Tierknochen. In Lochte, Gerichtsärztl.
Technik, S. 286. Wiesbaden: Bergmann 1914.
7. Brandenberger, E. und Schinz, H.R.: Über die Natur der
Verkalkungen bei Mensch und Tier und
das Verhalten der anorganischen
Knochensubstanz im Falle der haupt-
sächlichsten menschl. Knochenerkrankungen.
Bosch r-Verlag Zürich 1947.
8. v. Ebner V.: Untersuchungen über das Verhalten des Kno-
chengewebes im polarisierten Licht.
Sitzungsbericht Akad. Wiss. Wien III
Abt. 70, 105 (1874).
9. Klement, R.: Allgem. u. anorganische Chemie,
Wissenschaftl. Verlagsges. Stuttgart
1926 S. 145.
10. Koslowski, H.G.: Untersuchungen über die Altersbestimmung
von Skeletteilen.
Inaug.-Diss. 1953, Erlangen.
11. Lehnartz, E.: Einführung in die chem. Physiologie
3. 61-62 (1949)
Chem. Physiologie 1937
Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelbg.
12. Libby, W.F.: Radiocarbon Dating Chicago
1952 University-Press.
13. Neckermann, A.: Untersuchungen über Todeszeitbestimmungen
an menschl. Knochen.
Inaug.-Diss. 1950, Erlangen.
14. Neuberger, C.: Beobachtungen über die Triketohydrin-
Reaktion.
Biochem. Zeitschrift 1956, S. 500.
15. Schaffer, J.: Die Methoden der histologischen Unter-
suchungen des Knochengewebes.
Zeitschrift wiss. Mikroskop. Jahrg. 10
(1893) s. 167.

16. Taylor-Newell-Karrounis: Über die Diagnose intrakranieller Prozesse mittelst Ultraschall (1961), St. Georgs Hospital. Selecta Verlag Planegg Jg. Nr. 38
17. Schinz, H.R. u. Brandenberger, E.: Lehrbuch der Röntgen-Diagnostik, 1952
Thime-Verlag, Stuttgart.
18. Schmitt, W.J.: Der Feinbau der anorganischen Grundmasse des Knochengewebes, 1931
Verlag Urban u. Schwarzenberg, Berlin, Wien.
19. Specht u. Berg: Eine neue Technik als naturwissenschaftl. Beitrag zur Altersbestimmung von Knochenfunden.
Archiv für Kriminologie, Bad. 122, S. 43-65, Juli-Dezember 58
Verlag Schmidt-Römhild, Lübeck.
20. Spiegel, Thea: Ninhydrin-Reaktion zur Altersbestimmung des Knochens.
Inaug.-Diss. 54, Erlangen.
21. Sokoloff, S.: Zur Frage der Fortpflanzung ultrakustischer Schwingungen in verschiedenen Körpern.
Elektr.Nachr. Technik (1929) 6, S.454.
22. Walcher, K.: Gerichtsärztliche Untersuchung von Skeletteilen. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden.
Bd. IV/12/2 S.37, 1931.
23. Walcher, K.: Leitfaden der gerichtl. Medizin für Ärzte und Medizinstudierende, München.
Berlin, Verlag Urban u. Schwarzenberg.
24. Zeuner, F.E.: Dating the Past by Radioactive Carbon.
Nature 166, (1950), p. 756.

Herrn Prof.Dr.med.Dr.phil.E. W e i n i g
bin ich besonders dankbar für die Überlassung
des Themas und seine stete Förderung.

Ausserdem ist es mir ein Bedürfnis,Herrn
Doz.Dr.med. G g . S c h m i d t an dieser Stelle
meinen besten Dank für die Anregungen und seine ständige
Hilfe bei der Durchführung der Arbeit zum Aus-
druck zu bringen.

Lebenslauf

=====

Als Sohn des prakt. Arztes Dr. Johannes Lohmann und seiner Ehefrau Erna geb. Schaefer wurde ich, Horst, Hans-Werner, Fritz Lohmann am 25.5.1907 in Berlin-Steglitz geboren.

Ich besuchte zunächst das Arndt-Gymnasium Dahlem, später die Staatlichen Bildungsanstalten Plön und Naumburg.

Mein Abitur machte ich 1932 als Externer an der Friesen-Oberrealschule Berlin-Schöneberg und studierte - ebenfalls in Berlin - zunächst Nationalökonomie, später Medizin. Das letztere Studium wurde dann 1939 durch den Krieg unterbrochen, jedoch bereits 1942 durch O.K.H.-Verfügung wieder aufgenommen.

1943 machte ich das Physikum, anschließend folgten klinische Semester in Berlin bis Ende 1944.

Anschließend erreichte mich ein nochmaliger Einsatzbefehl. Als Feldunterarzt kam ich nach Italien und geriet schließlich im April 1945 in amerikanische Kriegsgefangenschaft. Nach meiner im Jahr 1947 erfolgten Entlassung nahm ich in Erlangen mein Medizin-Studium nochmals auf und machte am 24.3.49 des Staatsexamen. Bis Ende 1950 war ich als Volontärassistent an verschiedenen Kliniken in Fürth und Nürnberg

Vom 1. Jan. 1951 an war ich im Außendienst für ein größeres Werk der pharmazeutischen Industrie tätig.

